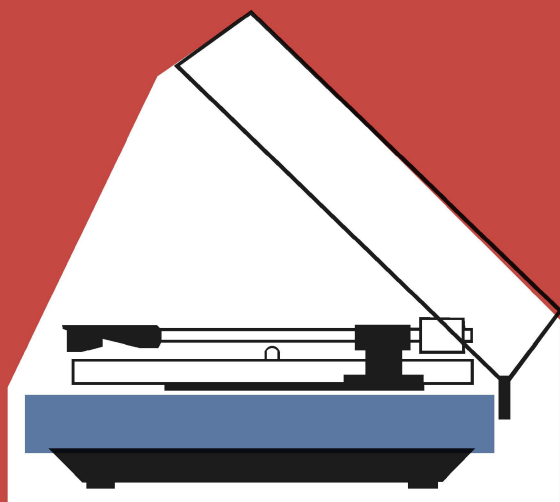




**В. К. ЧЕРКУНОВ**

# **КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ПРОИГРЫВАТЕЛЕЙ**



## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Общие сведения . . . . .	4
Движущий механизм . . . . .	8
Звукосниматель . . . . .	38
Вспомогательные устройства . . . . .	80
Общая компоновка проигрывателей . . . . .	89
Описание конструкции любительского проигрывателя . . . . .	100
Приложение . . . . .	108

*Основана в 1947 году*

*Выпуск 1016*

В. К. ЧЕРКУНОВ

# КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ПРОИГРЫВАТЕЛЕЙ



МОСКВА «ЭНЕРГИЯ» 1980

ББК 32.871  
Ч-48  
УДК 621.842

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Белкин Б. Г., Борисов В. Г., Ванеев В. И., Геништа Е. Н., Гороховский А. В., Демьянов И. А., Ельяшкевич С. А., Жеребцов И. П., Корольков В. Г., Смирнов А. Д., Тарасов Ф. И., Чистяков Н. И.

**Черкунов В. К.**

Ч-48 Конструирование любительских проигрывателей. — М.: Энергия, 1980. — 112 с., ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1016).

60 к.

В книге рассмотрены основные параметры, схемы и узлы проигрывателей, предназначенных для высококачественного звуковоспроизведения. Сформулированы требования и даны рекомендации по их конструированию, изготовлению и регулировке в любительских условиях. Приведены описание и чертежи проигрывателя, отмеченного призом на XXVII Всесоюзной выставке радиолюбителей-конструкторов.

Книга предназначена для радиолюбителей-конструкторов.

ч 30403-275  
051(01)-80 254-80. 2402030000

ББК 32.871  
6Ф2.1

ВЛАДИМИР КОНСТАНТИНОВИЧ ЧЕРКУНОВ

## Конструирование любительских проигрывателей

Редактор Ю. А. Вознесенский

Редактор издательства Н. В. Ефимова

Обложка художника Н. Т. Ярешко

Технический редактор Н. Н. Хотулева

Корректор Г. Г. Желтова

ИБ № 1595

Сдано в набор 11.01.80. Подписано в печать 25.03.80. Т-07114. Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага типографская № 2. Гарн. шрифта литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 5,88. Уч.-изд. л. 7,74. Тираж 50 000 экз. Заказ 248. Цена 60 к.

---

Издательство «Энергия», 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

---

Владимирская типография «Союзполиграфпрома»  
при Государственном комитете СССР по делам издательств,  
полиграфии и книжной торговли  
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

© Издательство «Энергия», 1980.



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью данной книги является систематизация основных вопросов, связанных с разработкой и изготовлением любительских проигрывателей с характеристиками, не уступающими характеристикам проигрывателей высшего класса. Автор стремился на примерах лучших отечественных и зарубежных образцов, а также на примерах любительских конструкций показать принципы построения современных проигрывателей для высококачественного звуковоспроизведения.

В книге рассматриваются вопросы, связанные как с рациональным выбором конструкции проигрывателя повышенного класса и его узлов, так и изготовлением и наладкой проигрывателя в любительских условиях.

Учитывая ограниченные технологические возможности радиолюбителей, автор приводит конструкции отдельных узлов, содержащие минимум деталей точения. Большинство деталей в таких узлах можно изготовить при помощи слесарных инструментов. При отсутствии нужного материала в чертежах и тексте даются по возможности несколько наименований материалов, из которых данная деталь может быть изготовлена без ущерба для качества работы и удобства эксплуатации проигрывателя.

Автор надеется, что книга заинтересует читателей, занимающихся самостоятельным конструированием звуковоспроизводящей аппаратуры, поможет им расширить свой кругозор и проявить творческую инициативу.

Отзывы и пожелания просьба направлять по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, изд-во «Энергия» Массовая радиобиблиотека.

*Автор*

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В последние годы все большее распространение получают бытовые системы высококачественного звуковоспроизведения, т. е. системы, работа которых характеризуется столь малыми искажениями, что слушатель не может заметить разницу между звучанием оркестра в зале с хорошими акустическими свойствами и звучанием этого же оркестра, записанным на грампластинку или магнитную ленту и воспроизведенным в домашних условиях. Такие системы получили международное название High Fidelity, или сокращенно Hi-Fi, что в переводе означает «высокая верность, точность воспроизведения звука», т. е. соответствие воспроизведенного звучания естественному.

Достигнутый прогресс обязан главным образом успехам механической звукозаписи, которая продолжает бурно развиваться. Всего 25 лет назад появилась долгоиграющая пластинка, пришедшая на смену более чем полувековому господству пластинок на 78 об/мин. С появлением этой пластинки резко улучшилось качество грамзаписи. Появившаяся вскоре стереофоническая грамзапись и соответствующая аппаратура принесли нам возможность получить полноценную звуковую картину, не выходя из дома.

В последнее время начала развиваться квадрафония с помощью которой можно достичь любого пространственного звукового эффекта.

Весьма важная роль в системе высококачественного звуковоспроизведения принадлежит проигрывателю, так как при использовании достаточно хороших громкоговорителей и усилителя он будет определять качество звучания. Несовершенный проигрыватель может вносить такие помехи, как детонация, или помехи от вибраций движущего механизма. Эти помехи не могут быть исправлены последующими звеньями звуковоспроизводящего тракта.

В табл. 1 приведены некоторые основные требования к электропроигрывающим устройствам (ЭПУ)\*, содержащиеся в ГОСТ 18631-73 «Устройства электропроигрывающие», по которому все вы-

---

\* В ГОСТ 13699-74 «Запись и воспроизведение информации, термины и определения» под электропроигрывающим устройством (ЭПУ) понимается устройство воспроизведения записи грампластинок, содержащее движущий механизм и звукоосниматель и предназначенное для встраивания в другую аппаратуру, а термин «электропроигрыватель» (проигрыватель) определяется как «электропроигрывающее устройство в футляре, имеющее выводной кабель и сетевой провод». Таким образом, ЭПУ — это комплектующее изделие, в то время как проигрыватель представляет собой законченное самостоятельное устройство.

В дальнейшем мы будем в основном пользоваться терминами «электропроигрыватель» и, когда речь пойдет о готовом изделии, — «проигрыватель».

Параметры	Нормы по классам		
	высший	I	II
Прижимная сила звуко- снимателя, мН, не более:			
магнитная	15 <sup>+5</sup>	20 <sup>+5</sup>	30 <sup>+10</sup>
пьезоэлектрическая	—	—	60 <sup>+10</sup>
Номинальный диапазон вос- производимых частот, Гц	20—20 000	31,5—16 000	50— 12 500
Горизонтальная гибкость под- вижной системы магнито- электрического звуко- снимателя, м/Н, не менее	10— $1 \cdot 10^{-3}$	4— $0,6 \cdot 10^{-3}$	4— $0,6 \times$ $\times 10^{-3}$
Допустимые отклонения от номинального значения час- тоты вращения, %, не хуже	$\pm 0,55$	$\pm 1,20$	$\pm 1,80$
Коэффициент детонации (аб- солютное значение), %	0,1 <sup>+0,05</sup>	0,1 <sup>+0,05</sup>	0,15 <sup>+0,05</sup>
Относительный уровень помех от вибраций, дБ, не хуже:			
без взвешивающего фильт- ра	—	—	31
со взвешивающим фильт- ром	—60	—46	—
Уровень электрического фона (наводка), дБ, для ЭПУ с магнитным звуко-снимателем, не хуже	—63	—57	—53
Уровень акустического шума приводного механизма, дБ, не более	30	30	34

пускающиеся нашей промышленностью ЭПУ разделяются на четыре класса: высший (0), I, II и III. Требования к III классу в таблице не приведены, так как ЭПУ этого класса не предназначены для высококачественного воспроизведения звука, а требования ко II классу даны лишь для сравнения, поскольку ЭПУ этого класса высококачественного звуковоспроизведения не обеспечивают. Выполнение требований первых трех пунктов таблицы целиком зависит от типа применяемой головки звуко-снимателя и конструкции тона-рма, а остальные требования определяются конструкцией и качеством выполнения приводного механизма проигрывателя.

В настоящее время нашей промышленностью освоены и выпускаются высококачественные проигрыватели, например «Электроника Б1-011» (высший класс), «Вега-106» (I класс), а также ЭПУ 73С

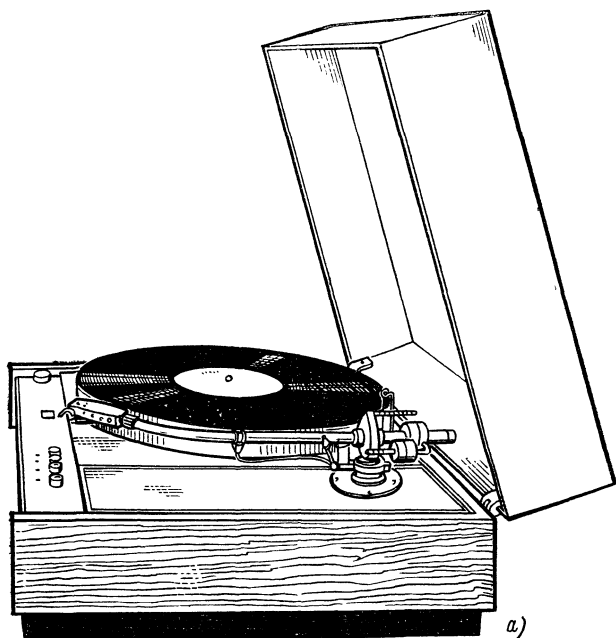
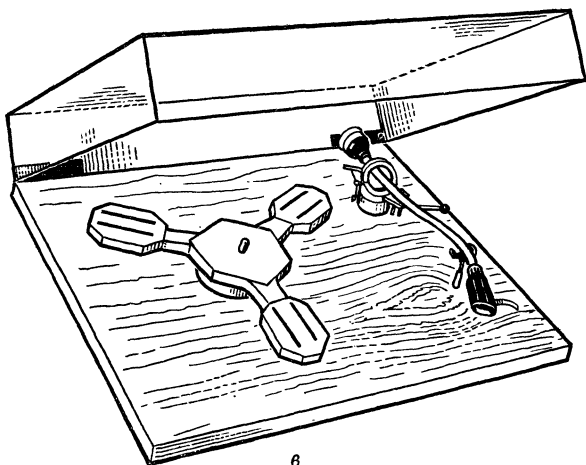


Рис. 1. Проигрыватели высшего класса.

а — «Электроника Б1-011» — СССР; б — «Dual 704» — ФРГ; в — «Amstrad



Рис. 2. Высококачественный проигрыватель, разработанный и изготовленный в любительских условиях.



6

(1 класс), входящее в состав электрофона «Аккорд-стерео-001» и радиол типа «Виктория».

Следует отметить, что современное высококачественное ЭПУ является довольно сложным электромеханическим устройством, требующим высокой точности изготовления и высокой культуры сборки и регулировки. Кроме того, в этих ЭПУ применяют дорогие магнитные головки звукоснимателей с алмазными иглами. На рис. 1 приведено несколько моделей современных проигрывателей высшего класса.

Между тем проигрыватель с характеристиками высшего класса можно при соответствующих навыках изготовить в любительских условиях.

На рис. 2 показан проигрыватель, сконструированный и изготовленный в любительских условиях. Следует учесть, что изготовление высококачественного проигрывателя будет целесообразно лишь в том случае, если остальная воспроизводящая аппаратура (усилитель НЧ, акустические системы и т. д.) также обладает высокими параметрами, в противном случае затрата времени и средств не будет оправдана. Следует также предостеречь радиолюбителей от попыток доработать ЭПУ II и III классов с целью улучшения их характеристик путем, например, утяжеления диска или установки головки лучшего качества, в том числе магнитной. Конструкции приводных механизмов и тонармов этих ЭПУ принципиально не позволяют существенно повысить качество воспроизведения. Более того, установка хорошей магнитной головки в тонарм ЭПУ II класса без его коренной переделки (в частности, установки шарикоподшипников в оси поворотной ножки, введения устройства регулирования прижимной силы и т. д.) может нарушить условия, необходимые для нормальной работы этой головки и, привести к искажениям звука или, в худшем случае, к повреждению подвижной системы головки, включая иглу.

## ДВИЖУЩИЙ МЕХАНИЗМ

**Движущий механизм ЭПУ** обеспечивает равномерное вращение грампластинки с заданной частотой. Движущий механизм современного ЭПУ состоит из следующих основных узлов: электродвигателя, системы привода (передачи вращения от двигателя к диску), диска с подшипником и устройства для переключения стандартных частот вращения диска. Движущий механизм должен обеспечивать постоянно номинального значения частоты вращения пластинки при минимальных колебаниях этой частоты (минимальной детонации) и не создавать помех от вибраций, т. е. вибрации двигателя не должны передаваться игле звукоснимателя.

Изменение номинальной частоты вращения пластинки воспринимается как нарушение тональности, записанной на пластинке программы, т. е. как замедление либо убыстрение темпа этой программы. Обеспечение постоянства номинальной частоты вращения достигается в основном правильным выбором двигателя, способного в течение длительного времени сохранять неизменной частототу вращения.

Колебания частоты вращения воспринимаются как периодическое изменение тональности звучания (детонация). Количественная оценка детонации производится коэффициентом детонации, который

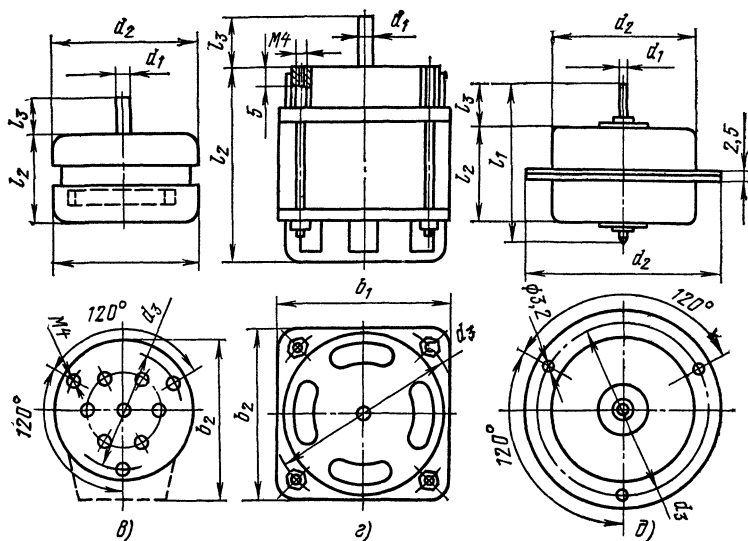
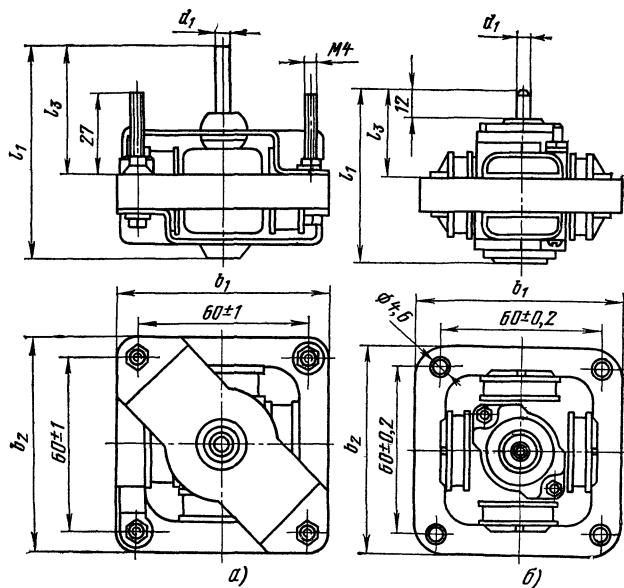


Рис. 3. Габаритные размеры отечественных электродвигателей, пригодных для применения в ЭПУ (см. табл. 3).

*a* — ЭДГ-1, ЭДГ-1М, ЭДГ-2, ЭДГ-2П; *b* — ЭДГ-6; *в* — КД-6-4, КДП-6-4, АД-5, СД-6; *г* — КД-3,5, КД-3, 5А; *д* — ТСК-1.

представляет собой отношение изменения угловой скорости вращения грампластинки к ее номинальному значению. Коэффициент детонации выражают в процентах при условии, что учитывается раз-  
личная чувствительность слуха к отдельным частотам детонации:

$$K_d = \psi \frac{\omega_{\text{макс}} - \omega_{\text{мин}}}{\omega_{\text{ном}}} 100,$$

где  $\psi$  — коэффициент взвешивания.

Сведения детонации к минимуму достигают правильным выбором электродвигателя, точным выполнением деталей передачи (насадки электродвигателя, пассива, диска и т. д.), а также применением диска с достаточно большим моментом инерции, выполняющего в этом случае роль маховика. Кроме того, большое влияние на детонацию оказывает качество балансировки диска.

Помехи от механических вибраций, источником которых является электродвигатель, воспринимаются как неприятный рокот, сопровождающий воспроизведение и особенно заметный в паузах и тихих местах звуковой программы. Обеспечение минимума помех от вибраций является довольно сложной задачей и, как мы увидим далее,

Тип двигателя	Номинальные		
	Напряжение, В	Мощность на валу, Вт	Частота вращения, об/мин
ЭДГ-1	127	—	2800
ЭДГ-1М	220	—	2800
ЭДГ-4	127	—	2800
ЭДГ-6	127	—	2750±100
ЭДГ-60	127	—	1400
ЭДГ-2	110	—	≥2800
ЭДГ-2К	220	—	≥2800
ЭДГ-2П	127	—	≥2600
ЭДГ-2ПК	220	—	≥2600
АКД4-2	220	4	2680
АД-5	127	6	1400
КД-3,5	127	6	1400
КД-6-4	220	6	1400
КД-6-4-У4	220	6	1400
КДП-6-4	70*2/127*1	6	≥850
СД-6	127 и 220	—	3000
ТСК-1	8*3	—	375
	5*4	—	278
	2,8*5	—	137,5

\*1 Кратковременный режим работы.

\*2 Продолжительный режим работы.

\*3 При номинальной частоте питающего напряжения 50 Гц.

\*4 При номинальной частоте питающего напряжения 37 Гц.

\*5 При номинальной частоте питающего напряжения 18,5 Гц.



требует принятия ряда специальных мер, в большей или меньшей степени усложняющих конструкцию ЭПУ.

Рассмотрим последовательно составные части движущего механизма ЭПУ, а также меры, которые следует принимать для достижения высоких качественных показателей ЭПУ.

**Электродвигатели.** В большинстве промышленных моделей высококачественных ЭПУ применяют многополюсные синхронные тихоходные электродвигатели переменного тока, а в последнее время получают распространение специально разработанные для ЭПУ сверхтихоходные бесконтактные двигатели постоянного тока.

Нашей промышленностью недавно выпущен тихоходный синхронный электродвигатель типа ТСК-1, предназначенный для применения в ЭПУ. Однако с помощью специальных мер, о которых будет сказано ниже, можно, применив в любительских конструкциях асинхронные двигатели, получить сравнительно высокие качественные показатели ЭПУ.

Основные требования к электродвигателям, предназначенным для движущего механизма ЭПУ, следующие: высокое постоянство частоты вращения, в том числе при колебаниях напряжения питания и нагрузки на валу, минимум вибраций при работе, низкий уровень

Т а б л и ц а 2

данные		Момент на валу, Н·см			Потребляемая мощность, Вт
Емкость конденсатора, мкФ	Сопротивление добавочного резистора, Ом	номинальный	пусковой	максимальный	
0,5	—	—	0,8	—	13
1,0	510	—	1,2	—	35
0,5	—	—	0,45	—	10
1,2	—	—	0,35	—	12
—	—	—	—	—	12
3,0	—	—	0,8	—	20,5
1,0	—	—	0,8	—	20,5
4,0	—	—	2,4	—	40
1,0	—	—	1,8	—	28
1,0	—	1,22	—	—	—
2,0	500	4,2	3,5	11	35
2,0	270	4,2	2,5	7,5	—
0,5	510	4,2	2,95	7,5	—
4,0	130	—	—	—	—
4,0	—	8	4/15	—	16/50
2,5	—	1,95	1,2	6	—
70	1700	0,8	0,6	1,4	4,15
100	2700	0,8	0,55	1,2	2,1
250	2700	0,8	0,52	0,87	0,84

акустического шума, ограниченные внешние магнитные поля, высокий к. п. д. при минимальных размерах и массе и, наконец, отсутствие перегрева при длительной работе. Асинхронные двигатели должны иметь жесткую механическую характеристику.

В табл. 2 приведены технические характеристики серийно выпускаемых нашей промышленностью электродвигателей переменного тока, пригодных для применения в любительских ЭПУ, а на рис. 3 и в табл. 3 даны их габаритные размеры.

Таблица 3

Тип двигателя	Размеры, мм								Масса, кг
	$b_1$	$b_2$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	
ЭДГ-1	74	74	84	—	—	4,5	—	—	0,6
ЭДГ-1М	74	74	77	—	—	4,5	—	—	0,85
ЭДГ-2	74	74	72	—	38	4,5	—	—	0,8
ЭДГ-2П	74	74	72	—	—	4,5	—	—	0,8
ЭДГ-6	74	74	62	—	32	4,5	—	—	0,6
КД-6-4	—	100	—	57	27	5	89	77	1,1
КДП-6-4	—	100	—	65	22	5	89	77	1,26
АД-5	—	—	—	77	22	6,5	87	44	1,3
СД-5	—	—	—	76	27	5	90	44	1,1
КД-3,5(КД-3,5А)	65	65	—	77	21	5	—	—	1
ТСК-1	—	—	64	38	20	2	76	70	0,45

Все двигатели имеют гладкие цилиндрические валы, изготавливаемые с высокой точностью и весьма чистой поверхностью, вращающиеся в самоустанавливающихся бронзографитовых подшипниках скольжения, пропитанных жидкой смазкой. Для охлаждения двигатели снабжены вентиляторами [4].

Следует отметить, что практически с помощью любого двигателя, приведенного в табл. 2, можно в любительских условиях получить достаточно высокие показатели движущего механизма ЭПУ, однако, выбирая двигатель, следует учитывать его влияние на внешний вид проектируемого проигрывателя. В последнее время наблюдается тенденция к снижению высоты проигрывателя и, в частности, его корпуса (рис. 1, б, в). Учитывая это обстоятельство, следует отдавать предпочтение двигателям, имеющим меньшую высоту (например, двигатель типа КД-6-4 предпочтительнее КД-3,5 или АД-5). Хорошие показатели движущего механизма ЭПУ можно получить также, применяя и микродвигатели постоянного тока. Одна из схем привода с применением такого двигателя будет рассмотрена ниже.

Мощность двигателя, необходимая для вращения диска ЭПУ, как правило, невелика. Как показывают расчеты [2, 8], она составляет примерно 0,5 Вт.

Если двигатель предназначен для привода ЭПУ автоматов и полуавтоматов, то он должен обладать большой мощностью, так как нагрузка на него увеличивается, несмотря на то что механизмы таких ЭПУ не работают во время проигрывания пластинки. Практика показывает, что в этом случае достаточна мощность на валу двигателя 1,5—2 Вт.

Разумеется, что для привода ЭПУ можно применить двигатели большей мощности, однако при этом следует учитывать, что с повышением мощности растет и напряженность магнитного поля рассеяния, что может неблагоприятно влиять на уровень фона ЭПУ при применении магнитных головок звукооснимателя.

Как уже говорилось, обеспечение низкого уровня помех от механических вибраций является наиболее трудной задачей, возникающей при проектировании и изготовлении движущего механизма ЭПУ. Источником (генератором) вибрационных помех в ЭПУ является электродвигатель, от которого помехи в зависимости от степени совершенства приводного механизма передаются по деталям и узлам ЭПУ игле головки звукооснимателя и воспроизводятся как паразитный сигнал с частотой примерно 20—200 Гц, ухудшая качество звукопроизведения.

**Борьба с помехами от механических вибраций** ведется по двум направлениям: снижением уровня вибраций самого электродвигателя и осуществлением мер, препятствующих передаче вибраций на пути от двигателя к игле звукооснимателя.

Рассмотрим подробнее оба направления, при этом сначала разберем причины возникновения вибраций работающего электродвигателя, чтобы определить наиболее эффективные и доступные в любительских условиях способы их подавления. Вибрация асинхронного электродвигателя складывается из двух видов колебаний, имеющих электрическое и механическое происхождение. Первый вид колебаний в основном вызывается тем, что при номинальных значениях емкости конденсатора и сопротивления резистора фазосдвигающей цепочки, указанных в паспорте двигателя, круговое поле статора обеспечивается только при определенной нагрузке на двигатель. При других нагрузках поле становится эллиптическим, вследствие чего возникают колебания момента, приложенного со стороны поля к ротору, и соответственно колебания частоты вращения ротора с удвоенной частотой питающей сети.

Несколько уменьшают эти колебания можно путем индивидуального подбора сопротивлений резистора и емкости конденсатора фазосдвигающей цепочки для конкретных условий работы электродвигателя. Практика показала также, что, применяя двигатели типа ЭДГ, в фазосдвигающей цепочке которых не предусмотрено применение резистора, удастся уменьшить их вибрации, введя последовательно с конденсатором резистор сопротивлением 300—600 Ом.

Второй вид колебаний возникает в основном от неуравновешенности ротора электродвигателя, которая в свою очередь вызывается тем, что в процессе его изготовления невозможно идеально выдерживать геометрические размеры, обеспечить полную однородность материала ротора и, следовательно, обойтись без нарушения симметрии в распределении его масс. Поэтому, несмотря на балансировку, центр тяжести ротора обычно не совпадает с осью его вращения, вследствие чего возникают переменные возмущающие колебания. Как электрически, так и механически вызванные колебания могут происходить с разной частотой и в общем случае образуют так называемый спектр частот вибраций, создаваемых работающим электродвигателем, который лежит в диапазоне примерно от 5 до 200 Гц [8] (для двигателей, питающихся от сети частотой 50 Гц). При этом наибольшую амплитуду будут иметь колебания, прямо связанные с частотой вращения ротора электродвигателя. Например, при частоте вращения 2800 об/мин наибольшие колебания двигателя будут происходить с

частотой 2800/60 Гц, т. е. 47 Гц, при частоте вращения 1400 об/мин— частотой 23,5 Гц и т. д. Таким образом, этот спектр в большей своей части может восприниматься звуконосителем и передаваться в в тракт воспроизведения. При несовершенстве системы привода (например, при применении фрикционного ролика) этот спектр может еще более расширяться, а амплитуды отдельных его составляющих возрасти.

Как известно из механики, значение переменных возмущающих сил, обусловленных неуравновешенностью вращающегося ротора и приводящих к колебаниям электродвигателя, прямо пропорционально квадрату частоты его вращения, следовательно, радикальным средством снижения уровня вибраций электродвигателя является уменьшение частоты его вращения. При этом, во-первых, резко уменьшаются возмущающие силы, вызываемые несовершенством изготовления ротора, а во-вторых, частота собственных колебаний электродвигателя смещается в область, лежащую за пределами слышимого звукового диапазона.

Как известно, человек с нормальным слухом не воспринимает звуки с частотой ниже 16 Гц, таким образом, уже при частоте вращения ротора  $15 \cdot 60 = 900$  об/мин частота собственных колебаний двигателя теоретически уже не будет прослушиваться, даже если она и воспроизведена головкой звуконосителя. На практике частоту вращения ротора стремятся понизить до 350—250 об/мин.

Стремление снизить частоту вращения ротора привело к созданию сверхтихоходных двигателей, предназначенных для применения в ЭПУ высшего класса. Такой двигатель с частотой вращения  $33\frac{1}{3}$  и 45 об/мин располагается на оси диска ЭПУ, а его ротор непосредственно вращает диск, с которым он жестко связан. Принцип действия бесколлекторных двигателей постоянного тока основан на применении эффекта Холла. С помощью электронного переключающего устройства в генераторе Холла, состоящем, например, из плоских бифилярных обмоток без сердечников, наводится вращающееся магнитное поле, которое увлекает за собой жестко связанный с диском кольцевой магнит, выполненный из феррита бария.

Разберем теперь второе направление ослабления передачи колебаний от вибраций двигателя к игле звуконосителя, т. е. рассмотрим, какие наиболее эффективные меры можно принять в любительских условиях для предотвращения распространения вибраций двигателя. Одним из таких способов является виброизолирующая подвеска двигателя в сочетании с искусственным увеличением его массы. Из теории колебаний известно, что для уменьшения возмущающей силы, передаваемой фундаменту (в данном случае корпусу проигрывателя) электродвигатель должен быть установлен на податливых амортизаторах так, чтобы частота собственных колебаний электродвигателя была мала по сравнению с частотой вращения его ротора. Достигается это достаточно просто искусственным увеличением массы двигателя, например прикреплением к нему груза, при этом частота собственных колебаний системы (в данном случае электродвигателя) будет обратно пропорциональна массе системы.

На рис. 4 схематически показан способ виброизолирующей подвески двигателя с учетом приведенных выше рекомендаций. Податливые амортизаторы, например резиновые шнуры, поглощают вертикальную составляющую вибрационных колебаний двигателя. Горизонтальная составляющая этих колебаний поглощается цилиндрическими пружинами, с помощью которых достигается также ограничение

подвижности двигателя в горизонтальной плоскости. Такой способ ослабления вибраций, несмотря на эффективность действия, не применяется в промышленных конструкциях ЭПУ из-за того, что создаются трудности при транспортировке ЭПУ (необходимо принимать меры к закреплению двигателя с грузом на период транспортировки). Тем не менее этот способ может быть рекомендован для любительских условий, где вопросы транспортировки отходят на второй план. Особенно он эффективен в том случае, когда масса двигателя относительно мала, а частота его вращения сравнительно велика, например при применении двигателей типа ЭДГ.

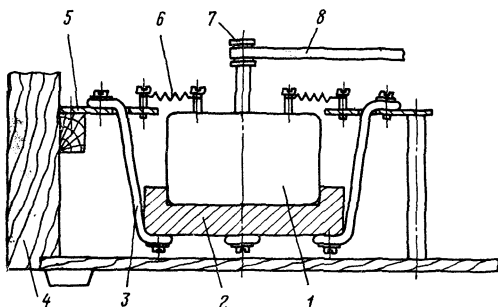


Рис. 4. Схема виброизолирующей подвески высокооборотного электродвигателя.

1 — электродвигатель; 2 — груз; 3 — резиновый шнур диаметром 2,5—3,5 мм (3—4 шт.); 4 — корпус проигрывателя; 5 — рама; 6 — пружина, диаметр 4—5 мм (диаметр проволоки 0,4—0,6 мм); 7 — ведущий шкив (насадка); 8 — пасик.

**Системы привода.** В настоящее время в бытовых ЭПУ применяют три способа передачи вращения от двигателя к диску: с помощью фрикционной передачи с применением паразитного обремененного ролика (рис. 5, а), с помощью ременной (пасиковой) передачи (рис. 5, б—г) и, наконец, с помощью прямого привода, получающего в последнее время все большее распространение. В последнем отсутствуют детали, передающие вращение, так как сверхтихоходный двигатель устанавливают непосредственно под диском на его оси (рис. 5, д). Иногда применяют комбинированный способ привода, содержащий и фрикционную, и ременную передачи (рис. 5, ж, з), а также, но значительно реже, так называемый косвенный привод (рис. 5, е), являющийся разновидностью ременного.

Первый способ передачи, хотя и имеет определенные преимущества (простота и компактность), находит применение лишь в ЭПУ невысокого класса, так как ролик является звеном, передающим вибрации от двигателя к диску, поэтому схема привода, показанная на рис. 5, з, предпочтительнее схемы на рис. 5, ж, так как в последней фрикционный ролик не соприкасается с диском.

Самым низким уровнем вибрационных помех обладает, естественно, третий тип передачи, т. е. прямой привод, в котором применяется наиболее тихоходный из всех возможных вариантов двигатель, однако производство таких двигателей только осваивается нашей

промышленностью, а расчет и изготовление его в любительских условиях являются трудно выполнимыми задачами.

Ременный привод, позволяющий «развязать» двигатель и диск и вследствие этого получить достаточно низкий уровень вибрационных помех, широко применяется в ЭПУ высшего класса. Этот способ привода при сравнительной простоте позволяет получить высокие параметры ЭПУ. Он является наиболее подходящим для выполнения в любительских условиях, поэтому на нем следует остановиться более подробно.

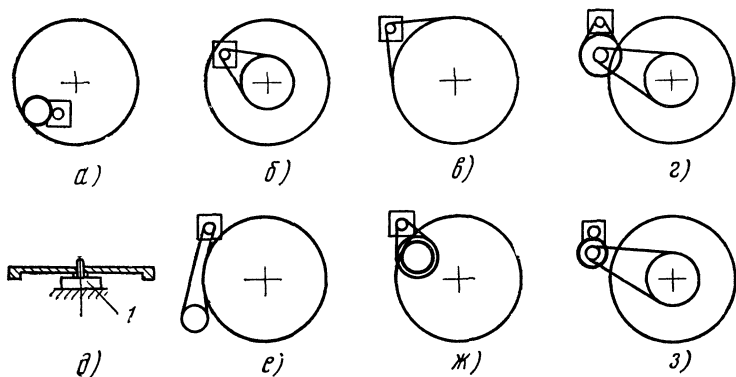


Рис. 5. Варианты кинематических схем движущего механизма ЭПУ.

Рассмотрим подход к выбору ременного привода в зависимости от частоты вращения применяемого электродвигателя. Как следует из табл. 2, в распоряжении радиолюбителя в основном могут быть двигатели с частотой вращения 2800 и 1400 об/мин и лишь один двигатель (ТСК-1) с частотой вращения 250—375 об/мин. Соответствующие передаточные отношения (в пересчете на частоту вращения диска  $33\frac{1}{3}$  об/мин) в этом случае будут примерно 85, 42 и 11. Как известно, для надежной работы ременной передачи должны соблюдаться определенные соотношения между геометрическими размерами ремня и ведущего шкива двигателя (рис. 6). Так, уменьшение угла охвата  $\alpha$  ведет к увеличению проскальзывания ремня относительно шкива, а чрезмерное уменьшение диаметра  $d$  шкива по сравнению с толщиной ремня  $s$  приводит к неблагоприятным условиям работы ремня, поскольку в нем при этом увеличиваются переменные изгибающие напряжения, что приводит к уменьшению его срока службы. Для резиновых ремней (пассиков), применяемых в ЭПУ, оптимальный угол охвата может лежать в пределах  $120$ — $110^\circ$ . Делать этот угол меньше  $90^\circ$  не следует из-за увеличения вероятности проскальзывания пассика.

Практика показывает, что достаточная долговечность пассика может быть обеспечена при отношении  $d/s$  не менее 4. Это значит, что при толщине пассика 1,3 мм диаметр ведущего шкива не следует делать меньше 5 мм. Само собой разумеется, что с увеличением отношения  $d/s$  условия работы ременной передачи улучшаются. Натя-

жение пассива должно быть оптимальным. Слишком слабое натяжение, во-первых, вызывает проскальзывание, а во-вторых, приводит к появлению паразитных колебаний работающего пассива, что неблагоприятно влияет на уровень механических вибраций и увеличивает детонацию ЭПУ. Следует учитывать, что слишком туго натянутый пассив создает благоприятные условия для передачи механических вибраций от двигателя к диску, а также увеличивает нагрузку на подшипники, что ускоряет их износ. Поэтому, проектируя ременную передачу, следует предусматривать возможность регулирования межцентрового расстояния, окончательный размер которого устанавливается при наладке ЭПУ с целью создания наиболее благоприятных условий работы пассива. Для создания таких условий имеет значение и форма поверхности шкивов. Профилем ведомого шкива должна являться цилиндрическая поверхность, а профиль ведущего шкива лучше делать бочкообразным (см. рис. 8), так как при таком профиле при смещении пассива с середины шкива возникает сила, возвращающая его на прежнее место.

Рассмотрим схемы ременных передач, пригодных для применения в высококачественных ЭПУ. Самой предпочтительной является схема, приведенная на рис. 5, б, получившая наибольшее распространение в ЭПУ промышленного изготовления. Устройство достаточно просто, компактно и дает возможность при его использовании в любительском ЭПУ применить пассивы промышленного изготовления, в том числе от различных магнитофонов (например, от магнитофонной приставки «Нота»). Схема позволяет также применить готовый узел (ось с маховиком) от магнитофонов, что упрощает изготовление ЭПУ). Однако, исходя из наиболее благоприятных условий работы пассива, рассмотренных выше, устройство может быть рекомендовано при передаточных отношениях, не превышающих 10—15. Это значит, что частота вращения двигателя не должна в этом случае превышать 600—650 об/мин. Из всех двигателей, приведенных в табл. 2, этому условию удовлетворяет лишь ТСК-1. Применение других двигателей возможно только при условии понижения их частоты вращения с помощью способов, которые будут рассмотрены ниже.

Схема, приведенная на рис. 5, в, также применяется в ЭПУ промышленного изготовления, хотя значительно реже. При этом пассив может располагаться как под панелью ЭПУ, так и над панелью, как, например, в проигрывателе английской фирмы «Сопноisseur BD2». В этом случае шкив двигателя закрывается специальной декоративной крышкой. Применение такой передачи дает возможность расширить передаточное отношение до 40—45, следовательно, могут быть применены двигатели с частотой вращения до 1400 об/мин, которые для ослабления распространения их вибраций рекомендуется подвешивать в соответствии со схемой, показанной на рис. 4.

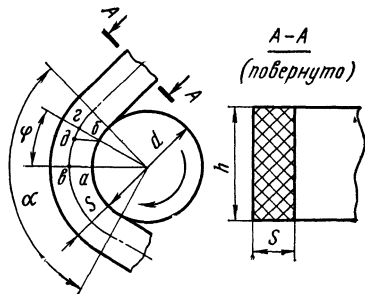


Рис. 6. Геометрические соотношения размеров ремня и ведущего шкива.

Так как применение в этой схеме готовых пассивов практически невозможно, их можно изготовить в соответствии с приведенными далее способами.

Использование для одноступенчатого привода ЭПУ двигателей с частотой вращения 2800 об/мин (передаточное отношение 85—90) не рекомендуется, поскольку в этом случае при применении схемы на рис. 5, а диаметр шкива двигателя становится равным 2—2,5 мм, а при применении схемы на рис. 5, б — еще меньшим, что создает крайне неблагоприятные условия для работы пассива.

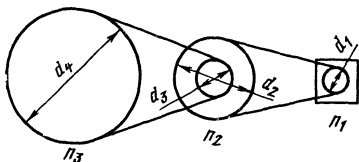


Рис. 7. К расчету двухступенчатой передачи.

Двигатели на 2800 об/мин, в том числе серии ЭДГ, могут быть применены для привода высокочастотных ЭПУ только при условии выполнения двухступенчатой передачи (рис. 5, г). Такая схема передачи, хотя и несколько усложняет движущий механизм ЭПУ, имеет определенные положительные качества и может быть рекомендована для изготовления в любительских условиях, так как дает возможность применить са-

мый дешевый и достаточно компактный двигатель и имеет все преимущества схемы, показанной на рис. 5, б, в том числе дает возможность применить пассивы промышленного изготовления.

Для обеспечения достаточно низкого уровня вибрационных помех двигатель вместе с первой ступенью передачи следует выполнять как единый узел (см. рис. 9) и подвешивать в соответствии со схемой на рис. 4. Промежуточный шкив при условии его точного изготовления и достаточной массы служит своеобразным механическим фильтром, оказывающим стабилизирующее действие, подобно аналогичным фильтрам, применяемым в магнитофонах для стабилизирования движения магнитной ленты.

Выполнение первой ступени передачи в виде единого узла позволяет рассматривать этот узел как своеобразный низкочастотный двигатель с частотой вращения (в зависимости от передаточного отношения первой ступени) в пределах 300—400.

Применение привода такой конструкции в любительских ЭПУ позволяет получить довольно высокие качественные показатели движущего механизма, при этом сами подобные устройства, как показал опыт их длительной эксплуатации, являются достаточно надежными и долговечными.

При проектировании двухступенчатой передачи имеется возможность в сравнительно широких пределах варьировать частотой вращения промежуточного шкива, выбирая наиболее подходящие его рабочие диаметры, что позволяет применять наиболее подходящие пассивы, а также выбирать приемлемые диаметры насадки на двигателе и маховика на оси диска. Поясним это на примере. Характеристикой любой механической передачи является ее передаточное отношение

$$i_1 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1},$$



где  $n_1$  — частота вращения ведущего шкива, об/мин;  $n_2$  — частота вращения ведомого шкива, об/мин;  $d_1$  — диаметр ведущего шкива, мм;  $d_2$  — диаметр ведомого шкива, мм.

Передаточное отношение двухступенчатой передачи равно произведению передаточных отношений ее ступеней:

$$i_{\text{общ}} = i_1 i_2,$$

где  $i_2 = \frac{n_2}{n_3} = \frac{d_4}{d_3}$  (рис. 7),

тогда  $i_{\text{общ}} = \frac{n_1}{n_3} = \frac{d_2}{d_1} \frac{d_4}{d_3}$ .

Для расчета следует задаться любыми тремя величинами, например диаметром шкива (насадки) на валу двигателя  $d_1$ , диаметром маховика  $d_4$  и наружным диаметром промежуточного шкива  $d_2$ .

В нашем случае  $\frac{n_1}{n_3} = \frac{2800}{33,3} = 84,1$ . Примем  $d_1 = 8$  мм,  $d_4 = 150$  мм

и  $d_2 = 70$  мм, тогда  $d_3 = 15,6$  мм, при этом частота вращения промежуточного шкива будет составлять:

$$n_2 = \frac{n_1 d_1}{d_2} = \frac{2800 \cdot 8}{70} = 320 \text{ об/мин.}$$

Задавшись другими значениями диаметров шкивов, например  $d_1 = 10$  мм,  $d_4 = 100$  мм и  $d_3 = 10$  мм, получим, что  $d_2 = 84,1$  мм.

В этом случае частота вращения промежуточного шкива

$$n_2 = \frac{2800 \cdot 10}{84,1} = 333 \text{ об/мин.}$$

Таким образом можно подобрать оптимальные диаметры всех элементов передачи.

При расчете любой точной ременной передачи, а в особенности с большим передаточным отношением (рис. 5, в), следует обязательно учитывать толщину пассика, так как она становится соизмеримой с диаметром ведущего шкива (насадки на двигатель), что наглядно представлено на рис. 6. При повороте ведущего шкива на угол  $\varphi$  точка  $a$  на поверхности пассика пройдет путь  $ab$ , но точка  $b$ , лежащая, например, на средней линии пассика, пройдет путь  $bg$ , больший, чем путь  $ab$  на величину  $gd$ , которая тем больше, чем больше абсолютная величина отношения  $S/d$ . Таким образом, материал пассика как бы «обгоняет» ведущий шкив, несколько увеличивая частоту вращения ведомого шкива, поэтому в расчет передачи следует вводить поправку на толщину пассика. Обычно расчет ведут исходя из средней линии пассика, вводя поправку для ведущего шкива и пренебрегая ею для ведомого, т. е. считают, что

$$i = \frac{d_2}{d_1 + S},$$

где  $S$  — толщина пассика, мм.

Точный расчет ременной передачи затрудняется тем, что всегда имеется большее или меньшее проскальзывание ремня, особенно от-

носителем ведущего шкива. Размер этого проскальзывания можно определить только экспериментально, так как оно зависит главным образом от материала пассива и чистоты поверхности шкива, поэтому, как правило, после сборки движущего механизма ЭПУ частота вращения диска отличается от расчетной. Для точной установки этой частоты приходится либо подгонять рабочий диаметр ведущего шкива (насадки на двигателе), либо изготавливать несколько насадок, незначительно (на 0,05—0,1 мм) отличающихся по диаметру.

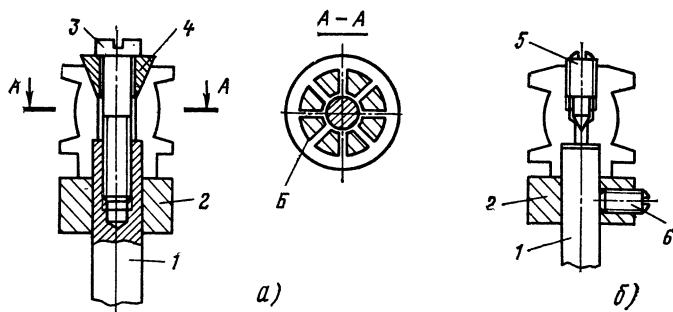


Рис. 8. Примеры конструкции ведущего шкива (насадки), позволяющей регулировать его диаметр.

1 — вал двигателя; 2 — ведущий шкив; 3 — винт; 4 — коническая разжимная втулка; 5 — разжимный винт; 6 — стопорный винт, 3 шт.

На рис. 8 приведены конструкции разрезных насадок цангового типа, имеющих возможность в некоторых пределах (0,1—0,15 мм) менять свой диаметр. На рис. 8, а изображена насадка, применяемая, когда вал двигателя имеет центральное разбоевое отверстие. Насадка такого типа установлена, в частности, в проигрывателе «Dual 601». Насадка, показанная на рис. 8, б, может быть применена, когда вал двигателя резьбовым отверстием не снабжён.

В обоих случаях изменение диаметра насадки достигается ввертыванием или вывертыванием винта. При изготовлении цанговой насадки следует тщательно удалить все заусенцы на ее острых гранях, а также несколько скруглить эти грани (Б на рис. 8, а). В противном случае насадка будет царапать пассив, что быстро выведет его из строя.

При проектировании ЭПУ следует ориентироваться на применение пассивов промышленного изготовления, например от различных магнитофонов, однако при отсутствии таких пассивов их можно изготовить и в любительских условиях по крайней мере двумя способами.

По первому способу, наиболее трудоемкому, но дающему хорошие результаты, изготовление пассива производится методом горячей вулканизации сырой резиновой смеси в специально изготовленной пресс-форме.

Второй способ менее трудоемок, но при надлежащей аккуратности он также дает возможность получить пассивы достаточно хорошего качества. Изготовление пассива по этому способу производится

на токарном станке из листа резины. Описание обоих способов приводится в приложении.

При применении пассиков промышленного изготовления следует обращать внимание на то, чтобы они не имели отклонений от номинальных размеров.

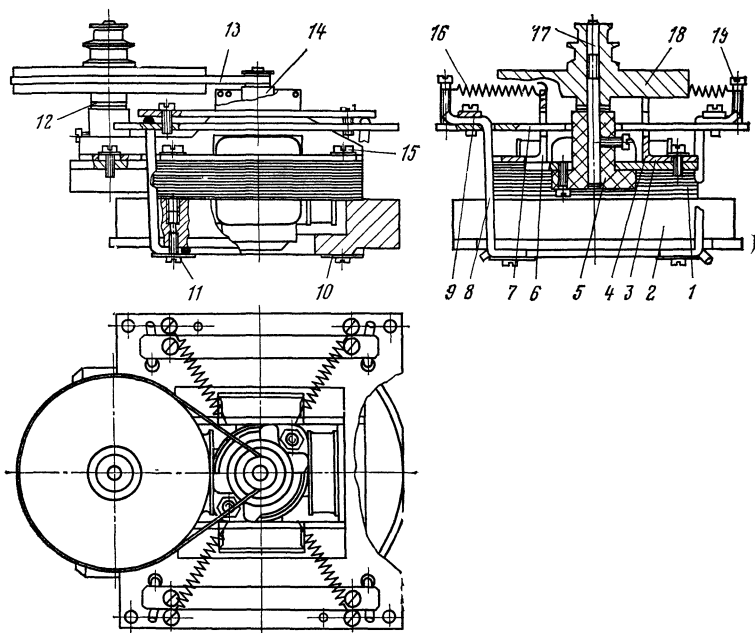


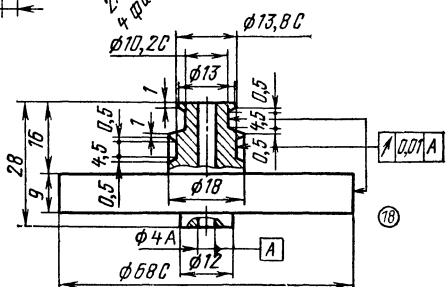
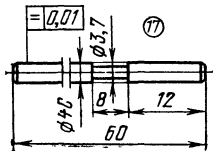
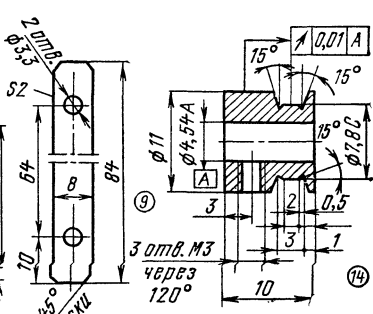
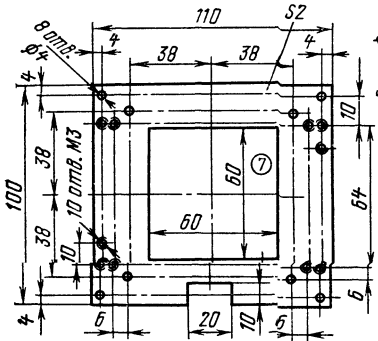
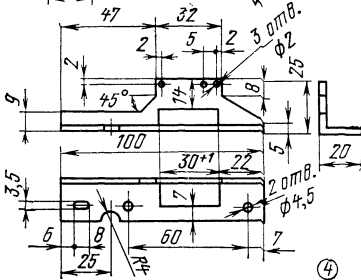
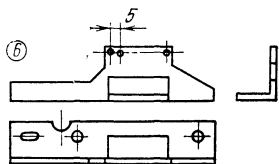
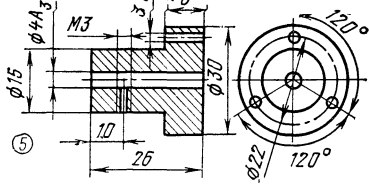
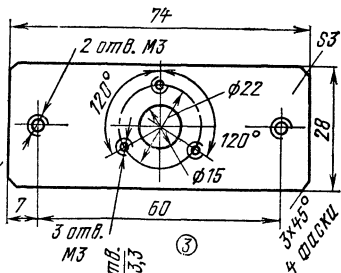
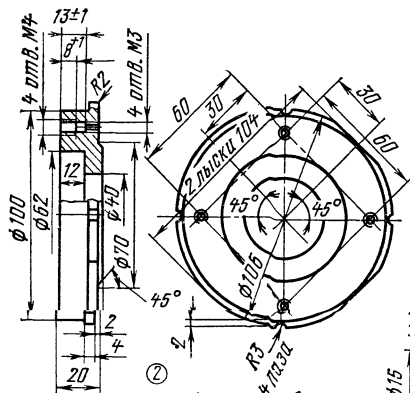
Рис. 9. Конструкция приводного узла ЭПУ с применением электродвигателя ЭДГ-6, выполненная как единый узел с первой ступенью передачи (нумерация деталей соответствует нумерации на рис. 10).

1 — электродвигатель ЭДГ-6; 8 — шнур резиновый диаметром 2,5—3,5 мм, 4 шт.; 10 — шайба 3×15×0,8 мм, 4 шт.; 11 — винт М3×8, 14 шт.; 12 — шайба 4×10×0,8 (гетинакс); 13 — пассик от магнитофона «Комета-206»; 15 — винт М4×20, 4 шт.; 16 — пружина, проволока ОВС диаметром 0,3—0,4 мм, диаметр пружины 4—5 мм, длина в свободном состоянии (при соприкосновении витков) 10—12 мм, 4 шт.; 19 — винт М3×12 мм, 4 шт.

**Устройства для переключения стандартных частот вращения диска.** Рассмотрим вопрос о необходимости применения в ЭПУ приводного механизма с переключателем, обеспечивающим вращение диска с различной частотой.

В истории развития грамзаписи известны четыре стандартизованные частоты вращения грампластины: 78, 45, 33 $\frac{1}{3}$  и 16 $\frac{2}{3}$  об/мин.

Высококачественное звуковоспроизведение обеспечивают грампластины на 33 $\frac{1}{3}$  об/мин, выпуск которых намного превышает выпуск других пластинок и непрерывно растет, в том числе и в связи с развитием квадрафонической звукозаписи.



Так как задачей настоящей книги является рассмотрение принципов создания ЭПУ для высококачественного воспроизведения звука, встаёт вопрос о целесообразности применения в любительском ЭПУ переключателя частот вращения диска.

В промышленных конструкциях ЭПУ применяют два способа переключения частот вращения: механический и электрический. По первому способу специальное устройство перемещает фрикционный ролик в горизонтальном направлении и обеспечивает его касание с разными ступенями насадки на валу двигателя, изменяя частоту вращения. В случае пассивной передачи переключение частот вращения производится с помощью устройства виличного типа, перебрасывающего пассив с одной ступени насадки двигателя на другую, как это широко применяется в магнитофонах.

По второму способу переключение частот вращения диска осуществляют изменением частоты генератора, питающего двигатель.

По мнению автора, применение в любительских ЭПУ механических устройств переключения частот вращения диска нецелесообразно, так как они существенно усложняют конструкцию движущего механизма ЭПУ, а переключение частот производится очень редко. Для проигрывания пластинок с частотой вращения 45 об/мин достаточно выполнить двухступенчатую насадку на двигатель и вручную переключать пассив с одной ступени насадки на другую. Правда, при применении приводного механизма по схемам, приведенным на рис. 5, б и г, для этого потребуется удаление диска, но, учитывая крайне редкое использование частоты вращения 45 об/мин, целесообразно согласиться с выполнением этой операции ради упрощения конструкции движущего механизма ЭПУ и, следовательно, повышения его надежности. При использовании схемы, показанной на рис. 5, г, двухступенчатой может быть ведущая часть промежуточного шкива, а не насадка на двигателе. Если при проектировании движущего механизма возникает необходимость в изготовлении механического переключателя частот вращения диска, то можно использовать принцип действия переключателя, примененного, например, в магнитофоне «Комета-209».

На рис. 9 приведен общий вид, а на рис. 10 — чертежи деталей устройства первой ступени двухступенчатого приводного механизма ЭПУ, спроектированного как единый узел, содержащий электродвигатель и понижающую передачу. Достаточно массивный промежуточный шкив-маховик играет роль механического фильтра. В устройстве предусмотрено регулирование в некоторых пределах межцентрового расстояния первой ступени для создания оптимального натяжения пассива. Устройство достаточно компактно и имеет небольшую

Рис. 10. Детали приводного узла (нумерация деталей соответствует нумерации на рис. 9).

2 — груз (сталь — цинковать, латунь — хромировать); 3 — площадка (сталь — цинковать, дюраль); 4 — угольник правый (сталь — цинковать, дюраль); 5 — втулка (эбонит, дюраль); 6 — угольник левый (сталь — цинковать, дюраль); 7 — рамка (сталь — цинковать); 9 — планка (сталь — цинковать), 2 шт.; 14 — шкив ведущий (насадка) (латунь — хромировать, дюраль); 17 — вал (сталь 45, калиль НРС 45—48), может быть использован вал от подающего и приемного узлов магнитофона «Айдас»; 18 — шкив промежуточный (бронза, латунь — хромировать).

высоту. Длительная эксплуатация таких устройств показала их высокую надежность и незначительный уровень вибрационных помех.

Как уже говорилось выше, вибрационные помехи от работающего электродвигателя резко снижаются с понижением частоты вращения ротора. Таким образом, добиться низких вибрационных помех можно, либо применяя низкооборотный двигатель, либо путем искусственного понижения частоты вращения сравнительно высокооборотных двигателей. В качестве двигателя с низким числом оборотов

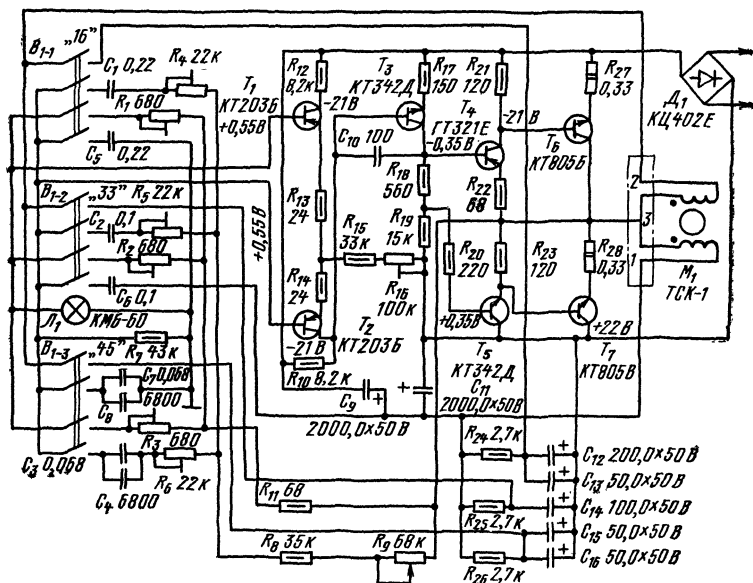


Рис. 11. Принципиальная схема управления частотой вращения синхронного электродвигателя ТСК-1 проигрывателя «Электроника Б1-011».

можно применить специальный 16-полюсный двигатель ТСК-1 с ферромагнитным ротором, характеристики которого приведены в табл. 2. Доступные радиолюбителям способы понижения частоты вращения двигателей будут рассмотрены ниже.

На рис. 11 приведена схема применения двигателя ТСК-1 в проигрывателе «Электроника Б1-011». Здесь использовано электронное устройство, управляющее частотой вращения двигателя. Устройство состоит из высокостабильного генератора и усилителя мощности.

Как видно из схемы, генератор представляет собой мощный усилитель, охваченный цепями как положительной, так и отрицательной обратной связи. Он состоит из дифференциального каскада на транзисторах  $T_1$  и  $T_2$ , усилительного каскада на транзисторе  $T_3$ , предоконечного каскада на транзисторах  $T_4$  и  $T_5$ , выполняющего роль фазоинвертора, и окончного каскада на транзисторах  $T_6$  и  $T_7$ . На-

пряжение положительной обратной связи снимается с выхода генератора через частотно-избирательный делитель напряжения, представляющий собой мост Вина, и подается на неинвертирующий вход (база транзистора  $T_2$ ) дифференциального каскада. Напряжение отрицательной обратной связи также снимается с выхода генератора и через делители, состоящие из резисторов  $R_1—R_3$  и лампы накаливания  $L_1$ , подается на инвертирующий вход (база транзистора  $T_1$ ). Лампа накаливания  $L_1$  включена в цепь отрицательной обратной

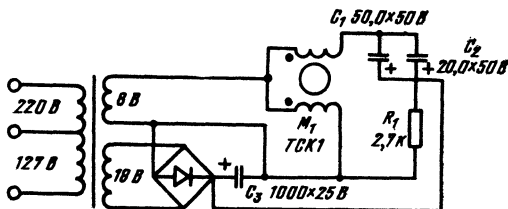


Рис. 12. Принципиальная схема использования синхронного электродвигателя ТСК-1 в ЭПУ с одной частотой вращения диска ( $33\frac{1}{3}$  об/мин).

связи для стабилизации режима работы генератора. Сопротивление нити накала лампы изменяется в зависимости от амплитуды выходного сигнала, благодаря чему выходное напряжение поддерживается постоянным. Необходимое напряжение сигнала на выходе генератора устанавливается также резисторами  $R_1—R_3$ .

Частота генератора грубо регулируется переменными резисторами  $R_1—R_6$ , а точно — переменным резистором  $R_9$ , выведенным на лицевую панель. С помощью этого резистора можно подстроить частоту вращения диска (в пределах  $\pm 2\%$ ). Контроль частоты ведется по встроенному стробоскопу.

Цепочки  $R_{24}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{13}$ ;  $R_{25}$ ,  $C_{14}$  и  $R_{26}$ ,  $C_{15}$ ,  $C_{16}$  являются фазосдвигающими для обмоток двигателя при его частотах вращения 137,5, 278 и 375 об/мин, что обеспечивает соответственно вращение диска с частотами  $16\frac{2}{3}$ ,  $33\frac{1}{3}$  и 45 об/мин. Анализируя эту схему, можно убедиться, что она достаточно сложна и предназначена для обеспечения трех частот вращения диска.

Рассмотрим схему включения двигателя ТСК-1 для одной частоты вращения диска  $33\frac{1}{3}$  об/мин. В этом случае можно обойтись без генератора, так как (см. табл. 2) вал двигателя ТСК-1 при питании его переменным током с частотой 50 Гц вращается с частотой 375 об/мин, что обеспечивает достаточно низкий уровень вибрационных помех. Поэтому для получения только одной частоты вращения диска ЭПУ ( $33\frac{1}{3}$  об/мин) следует включить двигатель на напряжение 8 В, применив соответствующую фазосдвигающую цепочку. Схема включения двигателя ТСК-1 на частоту вращения  $33\frac{1}{3}$  об/мин изображена на рис. 12. Трансформатор выполняется на сердечнике Ш16Х25. Первичная обмотка содержит 2226 витков провода 0,25 мм с отводом от 1285-го витка. Вторичные обмотки содержат 107 витков проводом 0,8 мм и 241 виток проводом 0,3 мм. Применение этой схемы существенно упрощает изготовление высококачественного ЭПУ в любительских условиях.

Применив генератор, подобный изображенному на схеме рис. 11, можно понизить частоту вращения и асинхронного двигателя путем питания его током пониженной частоты. Генератор, схема которого приведена на рис. 13, предназначен для питания асинхронного конденсаторного двигателя типа КД-3,5. Его можно использовать и для питания двигателей типов КД-6-4, АД-5 и т. п. В зависимости от параметров частотно-задающей цепи такой генератор вырабатывает

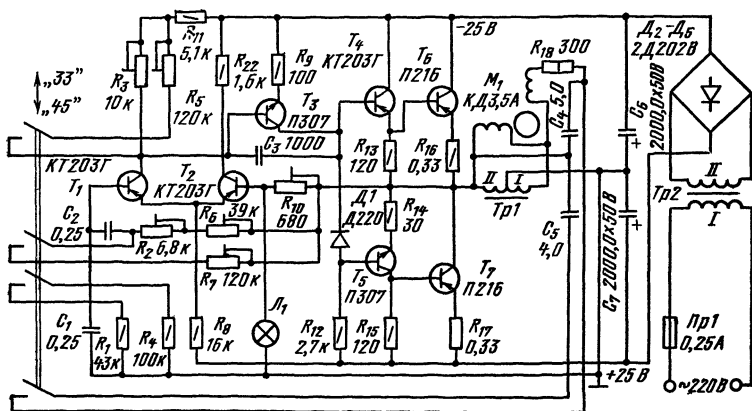


Рис. 13. Принципиальная схема генератора для управления частотой вращения асинхронного электродвигателя.

сигналы с частотами 20 или 27 Гц, что соответствует частотам вращения диска  $33\frac{1}{3}$  и 45 об/мин. Эффективное напряжение на выходе генератора составляет  $30 В \pm 0,5\%$ . Эта схема отличается от предыдущей способом включения двигателя, который подключается к генератору через согласующий автотрансформатор  $Тр_1$ , выполненный на витом разрезном магнитопроводе ШЛ16Х32. Обмотка I содержит 320 витков провода ПЭВ2 0,67, а обмотка II — 810 витков провода ПЭВ2 0,41.

В генераторе предусмотрена возможность плавной регулировки частоты вращения диска в пределах примерно  $\pm 2\%$  с помощью переменного резистора  $R_2$ , ось которого выводится на лицевую панель ЭПУ. Детали генератора, кроме силового трансформатора, автотрансформатора, конденсаторов  $C_4$ — $C_7$  и транзисторов  $T_6$ ,  $T_7$ , могут быть установлены на печатной плате, которая вместе с монтажной схемой приведена в [10], там же даны рекомендации по наладке генератора.

Рассмотрим еще один способ понижения частоты вращения асинхронного электродвигателя, основанный на применении тахогенератора и электронной схемы, управляющей частотой вращения двигателя и стабилизирующей эту частоту. Принципиальная схема такого устройства приведена на рис. 14. Тахогенератор (датчик частоты вращения двигателя) состоит из стального зубчатого колеса, закрепленного на валу двигателя, и магнитной головки (универсальной



головки от бытового двухдорожного магнитофона) МГ1, установленной на расстоянии 0,2—0,3 мм от зубчатого колеса и подключенной к источнику питания. При вращении ротора двигателя и зубчатого колеса сопротивление магнитной цепи головки, определяемое ее рабочим зазором, а следовательно, и магнитный поток в магнитопроводе головки изменяются с частотой прохождения зубьев колеса перед рабочим зазором головки. Вследствие этого в обмотке головки

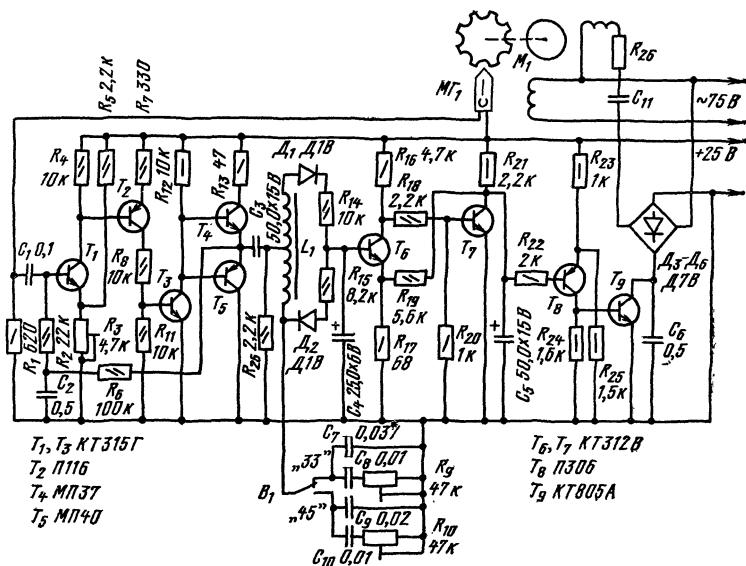


Рис. 14. Принципиальная схема управления частотой вращения асинхронного электродвигателя с использованием тахогенератора.

возникает переменное напряжение, частота которого пропорциональна частоте вращения ротора двигателя. Это напряжение подается на вход усилителя, служащего для формирования прямоугольных импульсов. Усилитель выполнен на транзисторах  $T_1—T_5$ .

Импульсы с выхода усилителя поступают в дискриминатор, состоящий из колебательного контура, образованного катушкой  $L_1$ , и конденсаторов  $C_7$  и  $C_8$  для получения частоты вращения диска  $33\frac{1}{3}$  об/мин либо  $C_9$  и  $C_{10}$  для частоты вращения диска 45 об/мин. Напряжение с выхода дискриминатора усиливается усилителем постоянного тока, выполненным на транзисторах  $T_6—T_8$ , а затем подается в регулирующий каскад, состоящий из транзистора  $T_9$  и моста на диодах  $D_3—D_6$ . В одну из диагоналей моста включена цепь питания двигателя. Частота вращения двигателя, работающего совместно с данной схемой, зависит только от числа зубьев зубчатого колеса и от резонансной частоты контура дискриминатора и не зависит от частоты питающей сети и числа пар полюсов двигателя. Кроме того,

на частоту вращения двигателя практически не оказывают влияния колебания напряжения питающей сети.

Эту схему можно применить для работы с любым асинхронным двигателем, приведенным в табл. 2. Соответствующие значения емкости конденсатора  $C_{11}$  и сопротивления резистора  $R_{26}$  фазосдвигающей цепочки двигателя указаны в таблице. Желательно смягчить характеристику двигателя путем изготовления его ротора из магнитомягкого металла, например из малоуглеродистой стали (Ст3 и т. п.). Для этого ротор двигателя тщательно замеряется и аккуратно спрессовывается с вала, чтобы не погнуть его. Затем по снятым размерам изготавливают новый ротор и напрессовывают на вал.

Диаметр зубчатого колеса на валу двигателя может лежать в пределах 50—80 мм, а число зубьев составлять 100—200, при этом для получения необходимой частоты вращения диска контур дискриминатора настраивается на соответствующую резонансную частоту подбором конденсаторов  $C_7$  и  $C_9$ .

В устройстве можно применить универсальные головки от магнитофонов типа «Днепр», «Яуза» и т. п. Желательна доработка головок для увеличения их рабочего зазора до значения, примерно равного размеру зуба колеса (0,5—0,8 мм). В увеличенный рабочий зазор устанавливают алюминиевую прокладку необходимой толщины. Индуктивность катушки  $L_1$  2,7 Г, ее секции наматывают на магнитопроводе сечением 1—2 см<sup>2</sup>.

Устройство дает возможность в небольших пределах регулировать частоту вращения диска путем изменения сопротивления подстроечных резисторов  $R_9$  и  $R_{10}$ , ручки которых выводят на лицевую панель ЭПУ. Более подробное описание работы схемы и рекомендации по ее наладке приведены в [11].

В движущем механизме любительского ЭПУ может быть применен и двигатель постоянного тока, работающий с устройством для понижения частоты его вращения 400—450 об/мин.

В этом случае используют миниатюрные коллекторные двигатели, например, серии ДПМ или аналогичные им по конструкции и размерам. Такие двигатели при работе с малой частотой вращения, несмотря на наличие коллектора и шариковых подшипников, почти не создают акустического шума и имеют приемлемый уровень вибрационных помех.

Понижение частоты вращения двигателя постоянного тока и стабилизация его числа оборотов, а следовательно, и частоты вращения диска могут быть достигнуты применением фазочувствительного устройства, сравнивающего сигналы, создаваемые датчиком частоты вращения диска с сигналами частоты питающей сети. Разностный сигнал, возникающий при отклонении частоты вращения диска от номинальной, подается на вход усилителя постоянного тока. Он управляет частотой вращения двигателя, включенного в выходную цепь усилителя.

Датчик частоты вращения диска, вырабатывающий равномерную последовательность сигналов, может работать на оптическом, емкостном, индуктивном и других принципах.

На рис. 15 схематически изображен датчик оптического типа. В диске 4 просверлено 180 равномерно расположенных по окружности отверстий 6. При диаметре окружности 240—270 мм диаметр отверстий должен быть 2—2,2 мм. Точно по диаметру этой окружности в панели 3 расположено такое же отверстие, через которое лампой 2 освещается фототранзистор 5. При частоте вращения диска



После подачи питания (замыканием контактов выключателя  $B_1$ ), когда частота вращения диска мала, частота следования импульсов, поступающих на базу транзистора  $T_4$ , значительно меньше частоты импульсов, поступающих на базу транзистора  $T_5$ , поэтому последний большую часть времени открыт, а транзистор  $T_7$  закрыт. При этом напряжение на базе транзистора  $T_8$  (т. е. постоянная составляющая импульсов, следующих с частотой перекрытия света в датчике частоты вращения диска) невелико и он почти закрыт. В результате невелико и падение напряжения на резисторе  $R_{24}$ , поэтому транзисторы  $T_9$  и  $T_{10}$  открыты и на электродвигатель  $M_1$  подано максимальное напряжение питания (частота его вращения увеличивается).

По мере увеличения частоты вращения диска транзистор  $T_5$  закрывается все чаще, что приводит к постепенному уменьшению напряжения на двигателе. При приближении частоты повторения импульсов, поступающих от датчика на транзисторе  $T_1$ , к удвоенной частоте сети наступает момент, когда разность этих частот становится меньше полосы пропускания активного фильтра  $T_8$ . С этого момента триггер работает как фазовый детектор.

При совпадении частот следования импульсов, поступающих на оба входа триггера, на резисторе  $R_{17}$  выделяются импульсы, длительность которых пропорциональна интервалу времени между импульсами от формирователей на транзисторах  $T_2$ ,  $T_3$  и  $T_6$ . Постоянная составляющая импульсов, снимаемых с коллектора транзистора  $T_5$ , усиливается транзистором  $T_7$ , затем выделяется фильтром  $Dr_1$ ,  $C_6$  и подается на вход активного фильтра, собранного на транзисторе  $T_8$ . Частотная характеристика этого фильтра имеет подъем на частотах 15—20 Гц, что необходимо для устойчивой работы системы фазовой автоподстройки. С выхода фильтра управляющее напряжение поступает на вход усилителя постоянного тока, собранного на транзисторах  $T_9$ — $T_{12}$ .

Более подробное описание этого устройства, а также рекомендации по его наладке приведены в [20].

**Диск.** Рассмотрим теперь конструкции диска и его узла вращения. К диску ЭПУ, предназначенного для высококачественного воспроизведения грамзаписи, предъявляются два основных требования; достаточный момент инерции и высокая точность изготовления. Для выполнения первого требования применяют диски довольно значительной массы (2—3 кг), которая сосредоточивается главным образом по краям диска. Так как диск выполняет функции маховика, увеличение его момента инерции уменьшает неравномерность вращения и, следовательно, способствует уменьшению детонации ЭПУ.

При выполнении приводного механизма по схеме на рис. 16 массу диска следует несколько уменьшить, так как при слишком большой массе увеличивается время достижения номинальной частоты вращения.

Точность изготовления диска влияет на детонацию ЭПУ. С повышением точности изготовления детонация, естественно, снижается. Радиальное биение диска не должно превышать 0,05 мм.

Примеры конструктивных разновидностей дисков показаны на рис. 17. Диаметр диска следует выбирать в пределах 290—310 мм, чтобы пластинка целиком ложилась на его поверхность. Центрирование диска на узле вращения может осуществляться как непосредственной посадкой диска на ось (рис. 17, б—г), так и посадкой на промежуточный шкив (рис. 17, а). В конструкциях, показанных на рис. 17, б—г, ось может быть запрессована в диск, который при де-

монтаже вместе с осью вынимается из подшипника. В конструкции, приведенной на рис. 17, *а* диск демонтируется (снимается) только с промежуточного шкива. Этот способ посадки диска на маховик не должен существенно увеличивать радиальное биение диска. Радиальный зазор между диском и шкивом должен быть не больше, чем при ходовой посадке второго класса точности. При изготовлении диска совместно с ведущим шкивом (рис. 17, *г*) в диске должны быть предусмотрены большие отверстия для установки пассива, закрываемые резиновой накладкой. Как правило, диск в промышленных кон-

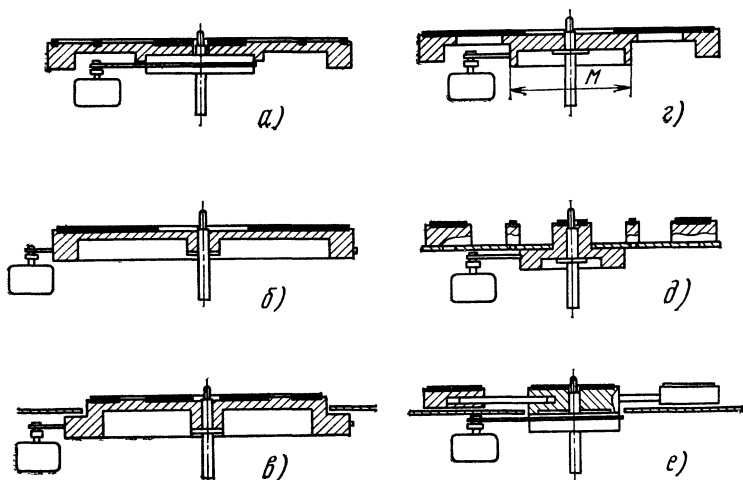


Рис. 17. Примеры выполнения конструкции диска ЭПУ.

струкциях изготавливается способом точного литья с последующей механической обработкой. В любительских условиях следует в огромном большинстве случаев рассчитывать только на вытачивание диска на токарном станке из соответствующей заготовки, например из листа металла достаточной толщины. Если подходящей заготовки нет, следует остановиться на конструкциях диска, показанных на рис. 17, *д* и *е*.

Некоторые зарубежные фирмы применяют довольно необычные конструкции дисков (см. рис. 1, *в*). На рис. 17, *д* изображен диск, состоящий из сравнительно тонкого листа (4—6 мм), на периферии которого установлено от трех до шести тяжелых бобышек, служащих для опоры пластинки. Такая конструкция диска может заинтересовывать радиолюбителей, так как для его выполнения не требуется массивной заготовки, а выполнить диск из тонкого листа сравнительно несложно.

На рис. 17, *е* приведен диск, который следует, скорее, назвать устройством, вращающим пластинку. Это устройство состоит из ступицы с закрепленными в ней тремя—шестью спицами, на концах которых располагают массивные противовесы. Балансировку такого устройства осуществляют простым передвижением противовесов по

спцам. Две последние конструкции можно применить при отсутствии возможности выполнить диск как единую деталь, но все же следует отдать предпочтение целому диску, так как объем работ при его изготовлении значительно ниже, к тому же целый диск, изготовленный с достаточной точностью, как правило, не требует балансировки.

На диск сверху обязательно помещают накладку, форма которой может быть весьма разнообразной (рис. 18). Накладки на диск соз-

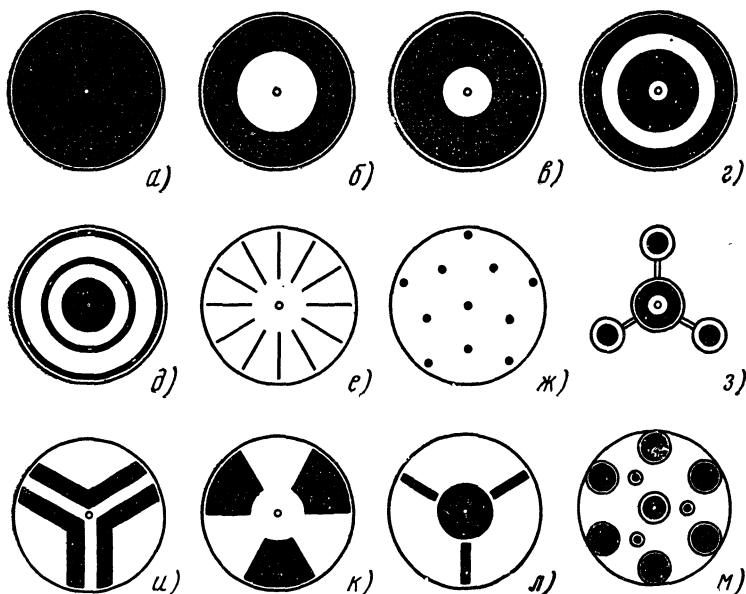


Рис. 18. Примеры выполнения резиновых накладок на диск.

дают достаточное трение между пластинкой и диском, исключающее проскальзывание, и одновременно служат для предохранения от повреждений звуковых канавок пластинки. Накладку рекомендуется выполнить из резины, желательно темного (черного) цвета. Изготавливать накладки из других материалов не следует. В прошлом, например, часто диск покрывался плотной материей (сукном, бархатом и т. п.), которую трудно было очистить от пыли. Во времена пластинок с широкой звуковой канавкой (на 78 об/мин) борьба с пылью, оседающей на пластинке, еще не была актуальной задачей, но сейчас следует помнить, что пыль является злейшим врагом современной пластинки, особенно стереофонической, а еще в большей степени — квадрафонической.

Выбор формы накладок зависит как от вкуса, так и от технологических возможностей радиолюбителя. Дело в том, что накладки большой площади (рис. 18, а—в) по декоративным соображениям

желательно выполнять рифлеными, что может быть достигнуто только изготовлением в пресс-форме. Хотя это и осуществимо в любительских условиях (см. приложение), но весьма трудоемко. Поэтому лучше применять готовые промышленные накладки указанной формы, учитывая ее при конструировании диска. Значительно проще в любительских условиях изготовить накладки меньшей площади, которые могут быть выполнены из резинового листа способом, рекомендованным для изготовления пассиков (см. приложение). Такие накладки клеивают в проточенные или профрезерованные (рис. 18, *д, е*) канавки диска. В последнем случае можно использовать также кольцевые накладки, нарезанные на части по заданному размеру и распрямленные приклеивании, так как сделать в любительских условиях прямые накладки одинаковой ширины довольно трудно.

Совсем легко выполнить накладки, показанные на рис. 18, *ж*. Их можно сделать из резиновых пробок от пузырьков для жидких медикаментов (пенициллина и т. д.). Пробки своим меньшим диаметром вклеивают в соответствующие отверстия, просверленные в диске. На рис. 18, *з*—*м* показаны другие возможные варианты оформления диска.

Проектируя накладки на диск, следует учитывать возможность проигрывания грампластинок диаметром 300, 250 и 175 мм (гибкие пластинки можно проигрывать, поместив их на обычную пластинку). Поэтому внутренний диаметр накладки (рис. 18, *б*) следует выполнять несколько меньшим 175 мм, чтобы грампластинка малого формата могла краями опираться на накладку. Сказанное относится также к диаметру средней накладки на рис. 18, *д*.

Иногда наружной поверхности диска придают чашеобразную форму, получающуюся, если высота накладки будет незначительно (на 2—3 мм) уменьшаться к центру диска. На такую накладку пластинка опирается только краями, что улучшает условия проигрывания покоробленных пластинок. Исходя из этих соображений, средние накладки, изображенные на рис. 18, *д*, должны быть утоплены в диск глубже, чем наружные (примерно на 1—1,5 мм). Соответственно утапливают и внутренние накладки, которые в этом случае выполняют из более тонкого материала.

На рис. 19, *а* показан способ декоративного оформления диска, при котором почти не требуется изготовления резиновых деталей. Поверхности А диска выполняют рифлеными и окрашивают в черный матовый цвет, что создает впечатление резиновых накладок. Профиль выступов может быть прямоугольным, трапециевидным, треугольным, полукруглым и т. д. (рис. 19, *б*). Вблизи края диска впрессовывают пять-шесть металлических втулок, в отверстия которых вставляют куски резинового шнура диаметром 3—4 мм. Высота каждой втулки 8—10 мм, толщина стенки 0,8—1 мм. Торцы шнуров должны выступать из втулок примерно на 1 мм. На эти торцы опирается грампластинка при проигрывании. Если предполагается применение пластинок меньшего формата, например диаметром 175 мм, надо установить еще несколько втулок на диаметре примерно 165 мм. Если втулки и резиновые вставки черного цвета, то они почти не видны на фоне поверхности, имитирующей резиновые накладки. При изготовлении диска из алюминиевых сплавов вместо окраски поверхности для имитации резины можно применить ее анодирование в черный цвет (анодируется весь диск с последующей декоративной проточкой гладких наружных поверхностей). Способ анодирования может быть

применен и при изготовлении диска с наружным стробоскопом (см. с. 85).

Проектируя накладки на диск, следует учитывать, что при проигрывании пластинки на ее поверхности накапливаются статические заряды. Эти заряды притягивают пыль, могут вызвать помехи, прослушиваемые в виде щелчков или потрескиваний. Для борьбы с этим явлением в промышленных ЭПУ сложные накладки большой площади (см. рис. 18, а—г) выполняют из специальной токопроводящей ре-

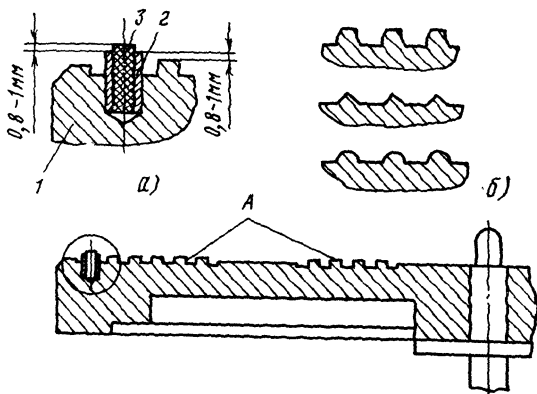


Рис. 19. Диск с имитацией резиновых накладок.

1 — диск; 2 — втулка; 3 — отрезок резинового шнура.

зины или из резины, имеющей токопроводящее покрытие. Считается, что накладки меньшей площади, не соприкасающиеся друг с другом, меньше способствуют накоплению статического электричества, поэтому их выполняют из обычной резины.

Лучшим материалом для изготовления диска являются твердые алюминиевые сплавы, например, типа Д-16 или В-95. Они хорошо обрабатываются, почти не окисляются и после обработки сохраняют хорошие декоративные свойства, позволяющие обойтись без защитного или декоративного покрытия, хотя при возможности диск не мешает подвергнуть, например, бесцветному анодированию. Хороший внешний вид придает диску чистовая проточка наружной поверхности алмазным резцом. В этом случае никакого покрытия диска не требуется. Диск может быть изготовлен и из других металлов, например нержавеющей стали, латуни и т. д. Нержавеющая сталь также не требует покрытия, но плохо обрабатывается. Диски, показанные на рис. 17, д, е, необходимо выполнить из латуни, так как латунь имеет сравнительно большой удельный вес, а противовесы или бобышки в этих конструкциях должны иметь достаточно большую массу. Латунные диски требуют декоративного покрытия, лучше всего применить матовое хромирование.

Изготовление диска или его элементов из обычных сталей из-за их магнитных свойств может быть допущено только при использова-



нии пьезоголовки, кроме того, обычные стали требуют антикоррозийного покрытия.

Для обеспечения необходимой точности изготовления диска рекомендуется придерживаться следующего порядка работ: сначала обрабатывают поверхности нижней части диска (обращенные внутрь ЭПУ), затем заготовку переворачивают и закрепляют в кулачках патрона станка, например, по диаметру  $M$  (см. рис. 17,  $z$ ), после чего производят всю остальную обработку, в том числе и декоративную, а также растачивание центрального отверстия.

**Узел вращения диска ЭПУ** (подшипник диска) конструктивно несложен, но требует высокой точности изготовления. В узлах вращения ЭПУ применяют только подшипники скольжения. Подшипники качения (шарикоподшипники) не применяют из-за невозможности добиться одинакового диаметра всех шариков. Поэтому нагрузка от массы диска будет приходиться, как правило, на один самый крупный шарик, в результате чего при вращении диска возникнут вибрационные помехи.

Примеры конструкции узла вращения показаны на рис. 20. Как видно из рисунка, этот узел содержит стальной вал, помещенный в бронзовую или в крайнем случае латунную втулку-подшипник (рис. 20,  $a$ ). Зазор между валом и втулкой должен быть не больше, чем при ходовой посадке второго класса точности. При изготовлении втулки из других металлов в нее необходимо запрессовать подшипник из бронзы или другого антифрикционного материала, например бронзографита (рис. 20,  $b$ ). Диаметр вала может лежать в пределах 8—12 мм, однако его верхняя часть (шпиндель), на которую одевается грампластинка своим центровым отверстием, должна иметь стандартный диаметр, равный  $7,24 \pm_{0,055}^{0,015}$  мм. Для удобства установки пластинки шпиндель делают либо полукруглым, либо коническим.

Отношение диаметра вала к его рабочей длине (помещающейся во втулке) должно быть в пределах 1:4—1:5. Очень короткий вал может быть причиной торцевого биения диска, а слишком длинный увеличивает высоту проигрывателя.

Вал обязательно должен иметь на нижнем торце коническое центральное отверстие для фиксирования стального шарика (диаметром 5—6 мм), на который он опирается. Шарик в свою очередь должен опираться на гладкую и твердую, желательно закаленную поверхность.

С целью улучшения демпфирования следует ввести в подшипник неметаллическую (из твердой резины, капрона) прокладку (рис. 20,  $a$ ). Очень полезно предусмотреть возможность регулировки положения вала, а следовательно, и диска по высоте. В конструкции, показанной на рис. 20, это достигается вращением колпачковой гайки.

При изготовлении вала следует сначала выполнить его рабочие поверхности с припуском 0,8—1 мм, а затем вал закалить, после чего на шлифовальном станке рабочие диаметры довести до номинальных. Поверхность вала, соприкасающуюся со втулкой, желательно полировать до зеркального блеска.

Особое внимание следует обратить на выполнение конического отверстия в нижнем торце вала. Оно не должно иметь эксцентриситета относительно оси вала. В противном случае точка соприкосновения шарика с опорой при вращении вала будет описывать окруж-

ность, вызывая вибрационные помехи. Лучшим средством избежать эксцентриситета является окончательная обработка (шлифовка) вала.

Во втулке необходимо выполнить маслоудерживающую полость. Смазывать узел вращения ЭПУ лучше не жидкими, а консистентными (вазелиноподобными) смазками, которые самопроизвольно не вытекают. Особенно хорошо применять смазки на основе лития, например «Литол 24» (смазка предназначена для ступиц передних колес автомобиля «Жигули»). Эта смазка наряду с отличными антифрик-

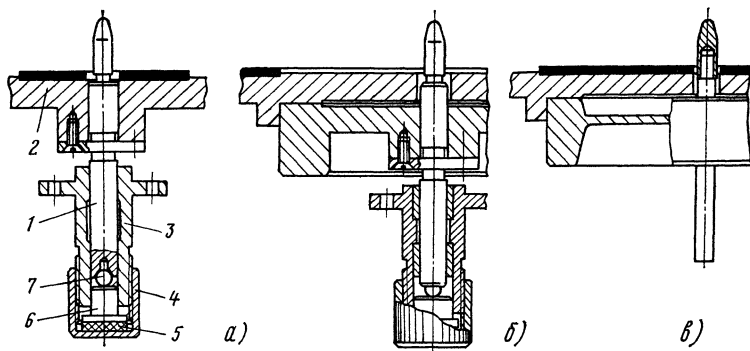


Рис. 20. Примеры выполнения узла вращения диска.

1 — вал; 2 — диск; 3 — втулка; 4 — регулировочная гайка; 5 — демпфирующая прокладка; 6 — опора; 7 — стальной шарик.

ционными свойствами обладает высокой долговечностью и не требует замены в течение многих лет.

Неплохие результаты может дать применение готового узла вращения или вала с маховиком от какого-либо магнитофона, например с успехом может быть применен центральный узел магнитофона «Дайна», имеющий диаметр оси  $7^{+0,01}_{-0,01}$  мм, а диаметр маховика 111 мм (рис. 20, в).

Если готовый вал имеет диаметр более 7,5 мм, верхняя его часть доводится до диаметра  $7,24^{+0,015}_{-0,055}$  мм. Если же готовый вал имеет меньший диаметр, его верхний конец должен быть снабжен дополнительным колпачком-насадкой, имеющим вышеуказанный диаметр (см. рис. 20, в).

Рассматривая движущие механизмы ЭПУ высшего класса, мы убедились, что их усложнение вызвано главным образом необходимостью борьбы с помехами от механических вибраций двигателя. Уровень помех (уровень рокота) можно измерить в любительских условиях.

Долгое время методика измерения относительного уровня рокота заключалась в определении отношения напряжений на выходе проигрывателя при воспроизведении немой канавки и записи частоты 100 Гц на измерительной пластинке при линейности частотной характеристики измерительного тракта в диапазоне частот 20—315 Гц с использованием в этом тракте фильтра, срезающего частоты выше 315 Гц с целью исключения влияния на результаты измерения высо-

кочастотных шумов пластинки. При измерении уровня рокота следует учитывать, что колебания основания, на которое установлен проигрыватель, в том числе колебания здания, могут исказить результаты замеров. Для ослабления влияния этих колебаний проигрыватель приходится устанавливать на демпфирующие элементы, которыми в любительских условиях могут служить наполненные воздухом подушки, например резиновые медицинские грелки. Следует иметь также в виду, что полученные результаты измерений не всегда согласуются с результатами

слуховой оценки уровня рокота. Известны, например, случаи, когда разница в уровне рокота ЭПУ II и высшего классов составляет 5—6 дБ, в то время как у ЭПУ высшего класса помехи от вибраций, как правило, практически отсутствуют, а у ЭПУ II класса хорошо заметны на слух. Объясняется это тем, что описанная методика предусматривает равномерную оценку помех в измеряемом диапазоне. Из курса акустики известно, что при одинаковых уровнях высокочастотные составляющие помех более неприятны на слух, чем низкочастотные, так как чувствительность человеческого слуха к сигналам очень низких частот при средних уровнях громкости падает очень сильно.

Сравнительно недавно была предложена новая методика измерения помех от вибраций, в которой учтены субъективные факторы слухового восприятия человека. По этой методике сигнал звукоснимателя после усиления подается на взвешивающий фильтр, частотная характеристика которого приведена на графике рис. 21.

Восприимчивость человеческого слуха к спектру частот помех от вибраций можно представить левой частью этой характеристики, учитывающей ослабленную чувствительность слуха в диапазоне низких частот. Взвешивающий фильтр состоит из двух Г-образных полувзвешивателей с индуктивностью 2,56 Гн и емкостью 0,1 мкФ в каждом полувзвешивателе. Характеристическое сопротивление фильтра составляет 3,3 кОм. Применение взвешивающего фильтра дает возможность в значительной степени снизить влияние на результаты измерения колебаний здания и основания, на которое установлен проигрыватель.

**При измерении уровня рокота** частотная характеристика магнитного звукоснимателя должна быть скорректирована в предварительном усилителе с достаточной точностью особенно в диапазоне 20—500 Гц. Практика показывает, что уровень рокота в левом канале на 2—4 дБ меньше, чем в правом [16]. Это обстоятельство следует учитывать при измерениях. Ввиду того что стрелка вольтметра в процессе измерений все время совершает колебания, за результат измерений следует брать средние значения между наиболее частыми крайними отклонениями стрелки.

Проигрыватель следует считать хорошим, если относительный уровень рокота, измеренный со взвешивающим фильтром, будет не более —55 дБ, а измеренный без взвешивающего фильтра — не более —35 дБ.

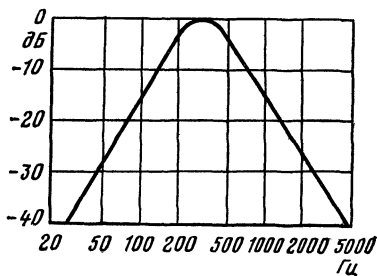


Рис. 21. Частотная характеристика взвешивающего фильтра.

Наименование проигрывателя (страна)	Тип привода	Уровень помех от вибраций, дБ		Коэффициент де- тонации, %
		со взвешива- ющим фильт- ром	без взвешива- ющего фильтра	
«Электроника Б1-011» (СССР)	Пассик	Не хуже —60	—	Не хуже 0,1
«1-ЭПУ-73С» (СССР)	Ролик	—	Не хуже —36	Не более 0,15
«Dual 721» (ФРГ)	Прямой	—72	Не хуже —50	0,03
«Dual 601» (ФРГ)	Пассик	—63	—42	0,08
«Thorens 125 МК 11» (Швейцария)	То же	—68	—48	0,06
«Pioneer PL-630» (Япония)	Прямой	—75	—65	0,025
«Kenwood KD-5070» (Япония)	»	—73	—53	0,025
«Technics SL-1300» (Япония)	»	—70	—50	0,03
«Beogram 4000» (Дания)	»	—68	—	0,025
«Garrard Zero 100» (Англия)	»	—65	—	0,06
«Empire 598 111» (США)	»	—72	—	0,1

В табл. 4 приведены сравнительные механические характеристики некоторых отечественных и зарубежных высококачественных проигрывателей.

## ЗВУКОСНИМАТЕЛЬ

Звукоснимателем называется устройство, содержащее головку и тонарм и предназначенное для воспроизведения механической звукозаписи. Головка звукоснимателя является преобразователем механических колебаний иглы, возникающих при контакте ее с канавкой вращающейся грампластинки, в электрические сигналы. Тонармом называют устройство, служащее для закрепления головки и обеспечивающее ее перемещение поперек грампластинки.

**Головка.** Качество воспроизведения грамзаписи в основном определяется параметрами головки, однако чем лучше головка, тем более высокие показатели должен иметь и тонарм, иначе потенциальные возможности головки не могут быть использованы.

Несмотря на то что высококачественную головку в любительских условиях изготовить практически невозможно, следует кратко остановиться на особенностях современных стереофонических головок, чтобы получить представление о задачах, возникающих при расчете, конструировании и изготовлении тонарм, способного реализовать достоинства высококачественной головки.

К стереофоническим головкам предъявляются следующие основные требования: воспроизведение с минимальными искажениями

всего частотного диапазона сигналов, записанных на пластинке, возможность проигрывания пластинки с небольшой прижимной силой звукоснимателя (нагрузкой на иглу), раздельное воспроизведение сигналов обоих каналов при минимальном проникании их из одного канала в другой и минимальное рассогласование воспроизводимых сигналов по чувствительности и частотным характеристикам воспроизведения.

Полоса частот, записанных на современных стереопластинках, лежит в пределах от 20 Гц до 20 кГц. Высококачественные головки

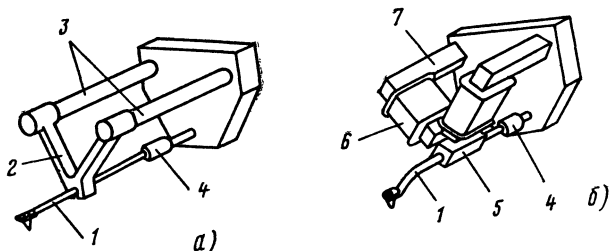


Рис. 22. Схемы устройства головок стереозвукоснимателей.

а — пьезоэлектрическая головка; б — магнитная головка; 1 — иглодержатель; 2 — вилка; 3 — трубчатые пьезоэлементы; 4 — демпфер; 5 — постоянный магнит; 6 — катушка; 7 — сердечник.

должны воспроизводить этот диапазон с минимальными искажениями. Головки, сконструированные для воспроизведения дискретной квадрафонической грамзаписи, должны воспроизводить высокие частоты до 50 кГц, так как частотный диапазон квадрафонических грампластинок простирается до 45 кГц.

В бытовых проигрывателях в настоящее время наиболее широко распространены два типа головок: пьезоэлектрические и головки магнитного типа. В пьезоэлектрических головках, применяемых главным образом в проигрывателях II и III классов, э. д. с. возникает в результате упругой деформации связанного с иглой твердого пьезоэлемента, изготовляемого в виде пластинки или трубки из специальной керамики. В магнитных головках э. д. с. возникает в результате изменения магнитного поля в электромагните (катушке) при механических колебаниях подвижного постоянного магнита, связанного с иглой и помещенного между полюсами электромагнита.

Стерефонические головки содержат два пьезоэлемента (рис. 22, а) или два электромагнита (рис. 22, б). Головки магнитного типа разделяются на электромагнитные и электродинамические. Электромагнитные головки содержат в качестве подвижного элемента магнит, а электродинамические — катушку. Электромагнитные головки получили сейчас наибольшее распространение в бытовой аппаратуре, так как лучшие типы этих головок полностью удовлетворяют требованиям высококачественного звукоспроизведения. Электродинамические головки также имеют высокие показатели, а по отношению сигнал/шум даже превосходят головки первого типа. Но электродинамические головки развивают очень малую э. д. с. и поэтому требуют применения специального повышающего трансформатора, в связи

с чем такие головки в основном применяются в профессиональной аппаратуре.

Кроме того, некоторое распространение получили головки, основанные на других принципах действия: полупроводниковые, фотоэлектрические и емкостные. Более подробно о принципах действия современных головок можно прочитать в [1].

Следует сказать несколько слов об иглах современных головок, так как качество работы головки в значительной степени зависит от

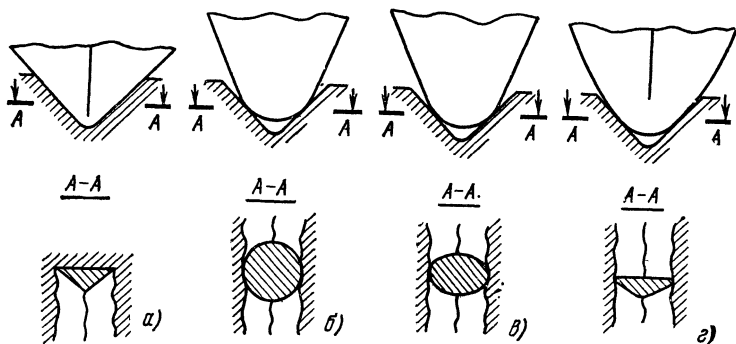


Рис. 23. Схемы расположения различных типов игл в звуковой канавке граммпластины.

*а* — резец для нарезки канавки пластинки; *б* — сферическая игла; *в* — эллиптическая игла; *г* — игла Сибата.

конструкции ее иглы, а долговечность иглы от материала, из которого она изготовлена.

В настоящее время известны три типа игл, применяемых для воспроизведения грамзаписи — это игла со сферическим острием, (сферическая игла), игла с острием, образующим в сечении эллипс (эллиптическая игла), и так называемая игла Сибата, применяемая для воспроизведения дискретной квадрафонической грамзаписи.

На рис. 23, *а* схематически показан резец, для нарезки звуковой канавки граммпластины. Как видно из рисунка, резец имеет треугольную форму, сечение конца резца также представляет собой треугольник с острыми режущими гранями. Эти грани при колебаниях резца образуют модулированные (содержащие информацию) звуковые канавки стереопластины. Легко сообразить, что чем выше частота записанного сигнала, тем более извилистым будет след резца на единице длины канавки.

На рис. 23 (вверху) показано положение конца трех типов игл в звуковой канавке пластинки при воспроизведении грамзаписи, и на рис. 23 (внизу) — сечение конца этих игл и, в несколько утрированном виде, сечение содержащих информацию стенок звуковой канавки пластинки. Из рисунка видно, что эллиптическая игла по своей форме ближе к форме резца, чем сферическая игла, поэтому она воспроизводит ВЧ-сигналы с меньшими нелинейными искажениями.

Для качественного воспроизведения квадрафонической записи, диапазон частот которой, как мы уже говорили, простирается до

45 000 Гц, в Японии разработана специальная игла, названная по имени изобретателя иглой Сибата. Эта игла в сечении напоминает форму резца и опирается на стенки канавки поверхностями параболической формы. Такая конструкция иглы позволяет воспроизводить частотный диапазон до 50 кГц.

Важным качеством головки является ее способность работать с небольшой прижимной силой. Прижимная сила, с одной стороны, должна обеспечивать надежный контакт с обеими стенками канавки при вращении пластинки, но, с другой стороны, не должна быть чрезмерной, так как ее увеличение сильно влияет на износ как пластинки, так и иглы.

Так как площади поверхностей в местах контакта иглы со стенками канавки пластинки очень малы, давление на пластинку в этих местах достигает значительных размеров и доходит при применении эллиптических игл до  $40\,000\text{ Н/см}^2$ . Но, принимая во внимание, что это давление при вращении пластинки действует на каждую точку поверхности канавки кратковременно, а также учитывая, что материалы из которых изготовлены современные пластинки, могут кратковременно выдерживать большие нагрузки, можно обеспечить достаточную долговечность пластинки и иглы, используя минимально необходимую прижимную силу.

В качестве примера можно привести результаты исследований, которые показали, что при прижимной силе 15 мН (1,5 г) износ пластинки после 50 проигрываний был менее заметен, чем после одного проигрывания той же иглой, но с прижимной силой 50 мН (5 г). Прижимная сила звукоснимателя зависит от гибкости головки, т. е. от способности подвижной системы головки перемещаться под воздействием силы, приложенной к острию иглы. Гибкость магнитных головок невысокого класса находится в пределах  $(8-10) \times 10^{-3}\text{ м/Н}$ , а головок высокого класса  $(40-50) \cdot 10^{-3}\text{ м/Н}$ .

На рис. 24 схематически показана работа головок с хорошей и плохой гибкостью. Как видно из рисунка, плохая гибкость головки вызывает при проигрывании грампластинки колебания всего тонарма. Поскольку его масса, а следовательно, и инерционность во много раз больше, чем у подвижной системы головки, необходимо увеличивать прижимную силу для предотвращения потери контакта иглы с пластинкой, так как иначе игла не будет успевать быстро опускаться после прохождения пиков модуляции и будет терять контакт с канавкой пластинки.

Гибкость современных магнитных головок позволяет проигрывать пластинки с прижимной силой около 10 мН (1 г), а при использовании тонармов высокого класса — и с еще меньшей прижимной силой.

Обычно в паспорте головки указываются значения прижимной силы, в пределах которых обеспечивается реализация параметров головки. Рекомендуется прижимная сила, величина которой находит-

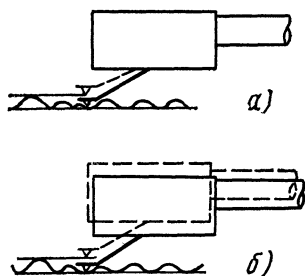


Рис. 24. Схематическое изображение работы головки с хорошей (а) и плохой (б) гибкостью.

ся примерно посередине крайних значений. Например, если указано, что головка работает при прижимной силе в диапазоне 10—25 мН, оптимальным значением прижимной силы будет 17,5 мН.

Следует отметить, что в пьезоголовках невозможно добиться большой гибкости, потому что иглодержатель связывается с твердым пьезокристаллом, деформация которого необходима для получения электрического сигнала. Поэтому для работы пьезоголовок требуется большая прижимная сила (как правило, 60—70 мН). Это явилось одной из причин, которые привели к полному вытеснению пьезоголовок из высококачественной аппаратуры воспроизведения грамзаписи.

Важным качеством стереофонической головки является ее способность раздельно воспроизводить информацию обоих стереоканалов, записанных на противоположных стенках звуковой канавки пластинки. Международными нормами и ГОСТ 7893-79 установлено, что информация, записанная на внутренней стенке канавки (обращенной к центру пластинки), должна соответствовать левому каналу воспроизведения, а информация, записанная на другой стенке, обращенной к краю пластинки, — правому каналу. Взаимное проникание сигналов из одного канала в другой снижает стереоэффект, а полное их прохождение сводит звучание к монофоническому.

Свойство головки раздельно воспроизводить информацию обоих каналов называется разделением. Этот параметр носит частотно-зависимый характер и обычно указывается для частоты 1 кГц, где разделение максимально, однако на краях частотного диапазона разделение уменьшается, но у высококачественных головок это уменьшение незначительно.

Кратко рассмотрев особенности современных головок, можно отметить, что, поскольку головка является электромеханическим преобразователем, в ее параметрах присутствуют величины, характеризующие как электрические, так и механические свойства. Основные технические характеристики некоторых отечественных и зарубежных головок приведены в табл. 5.

**Тонарм** предназначен для точного ведения закрепленной в нем головки звукоснимателя при проигрывании пластинки так, чтобы обеспечивать надежный контакт иглы с обеими стенками звуковой канавки. При этом сам тонарм должен перемещаться над пластинкой, не внося помех в колебания иглы, обусловленные модулированными стенками канавки, т. е. должен вести себя пассивно.

К тонарму, предназначенному для высококачественного воспроизведения грамзаписи, предъявляется целый ряд требований. Он должен иметь минимальные угловые искажения, минимальное трение в подшипниках осей вращения, устройство для регулирования прижимной силы звукоснимателя и устройство для компенсации скатывающей силы.

Масса тонарма должна быть оптимальной, т. е. она должна быть достаточно велика по сравнению с массой подвижной системы головки, и в то же время с увеличением массы возрастает инерционность тонарма, что приводит к дополнительной нагрузке на иглу и канавку пластинки при проигрывании коробленных или эксцентрических пластинок; тонарм должен быть сбалансирован также как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. Он должен быть достаточно жестким, чтобы исключить торсионный резонанс, а низкочастотный и высокочастотный резонансы тонарма должны лежать за пределами звукового диапазона.



Таблица 5

Тип головки (страна)	Принцип действия	Рабочий диапазон частот, Гц; неравномерность, дБ	Гибкость, м/Н	Прижимная сила, г	Тип иглы	Переходное затухание, дБ		Масса, г
						на частоте 1000 Гц	на частоте 10000 Гц	
ГЗКУ-631РА (СССР)	Пьезо	50—12 500; $\pm 10$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	6—7	Сферическая	12	6	4,3
ГЗУМ-73С (СССР)	Магнитная	30—16 000; $\pm 6$	$3,4 \cdot 10^{-3}$	2—3	»	20	15	7,5
ГЗМ-003 (СССР)	»	20—20 000; $\pm 4$	$15 \cdot 10^{-3}$	0,75—1,5	»	20	15	6
Shure, M44MB (США, Польша)	»	20—20 000; $\pm 3$	$15 \cdot 10^{-3}$	1,5—3	»	20	15	4
Shure, V15 III (США, ФРГ)	»	10—25 000; $\pm 1,5$	$30 \cdot 10^{-3}$	0,75—1,5	Эллиптическая	28	20	6
ADC, XLM (США)	»	10—20 000; $\pm 2$	$50 \cdot 10^{-3}$	0,75—1,5	»	25	20	4,5
Empire 2000Z (США)	»	8—34 000; $\pm 1$	$30 \cdot 10^{-3}$	0,5—1,5	»	30	25	6,5
Ortofon M15E super (Дания)	»	20—20 000; $\pm 1,5$	$50 \cdot 10^{-3}$	0,75—1,5	»	25	19	5,5
Audio technica VM-35 (Япония)	»	10—41 000; $\pm 2,5$	$30 \cdot 10^{-3}$	0,5—2,0	»	30	20	6,7
Audio technica AT-12 (Япония)	»	15—45 000; $\pm 2$	—	1,0—2,0	»	25	—	5,5

Желательно, чтобы тонарм имел устройства, способствующие повышению удобства его эксплуатации, например микролифт для плавного опускания иглы на пластинку, а его внешний вид не должен противоречить рекомендациям технической эстетики. Выполнение всех этих требований превращает тонарм в сложный прибор точной механики, поэтому внешне современный тонарм имеет вид прецизионного технического инструмента (рис. 25).

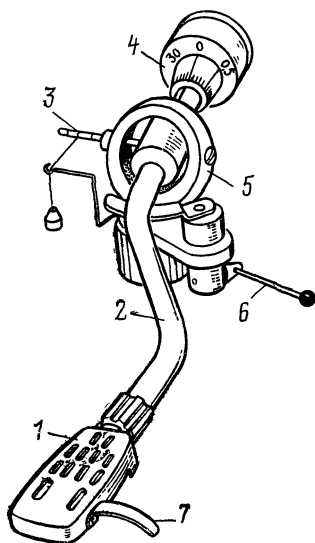


Рис. 25. Один из современных прецизионных тонармов.

Большинство современных тонармов построено по схеме рычага, вращающегося вокруг вертикальной оси, несмотря на то что при этом перемещение иглы в процессе проигрывания не совпадает с перемещением резца рекордера при записи на лаковый диск (рис. 26), что влечет за собой появление угловых искажений и связанных с ними нелинейных искажений. Хотя при правильном выборе размеров тонарма эти искажения сводятся к допустимому минимуму, делаются попытки создать тонарм, который вообще не вызывает искажений.

Выпускаются проигрыватели с тонармами, обеспечивающими точное повторение иглой пути, проходимого резцом рекордера

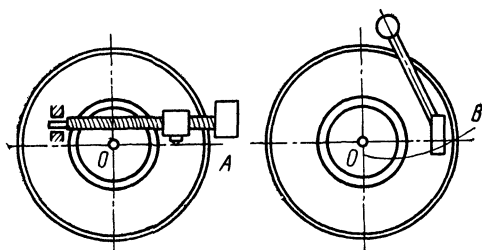


Рис. 26. Схема, поясняющая движение резца рекордера при записи на лаковый диск (прямая  $OA$ ) и иглы звукоснимателя при воспроизведении (дуга  $OB$ ).

при записи. Одна из таких конструкций схематически представлена на рис. 27. Как видно из рисунка, это тонарм уже не рычажного, а так называемого тангенциального типа. Тонарм содержит сложную следящую систему с двумя электродвигателями (помимо основного вращающего пластинку) и прецизионной цепной передачей. Из-за сложности такие тонармы не получили широкого распространения.

Более подробное описание тангенциального тонарма, в том числе электронной схемы, приведено в [3].

Рассмотрим основные принципы расчета тонарма рычажного типа. Довольно подробные методики такого расчета рассмотрены в [1, 16], поэтому здесь приводятся лишь основные положения расчета графоаналитическим методом, достаточные, однако, для определения размеров тонарма.

Любой тонарм рычажного типа характеризуется тремя параметрами: установочной базой  $d$ , т.е. расстоянием от вертикальной оси вращения тонарма до центра диска, вращающего пластинку: рабочей длиной  $L$  — расстоянием от вертикальной оси до конца иглы головки; углом коррекции  $\beta$ , образованным прямой линией, соединяющей вертикальную ось вращения тонарма и иглу, и осевой линией головки.

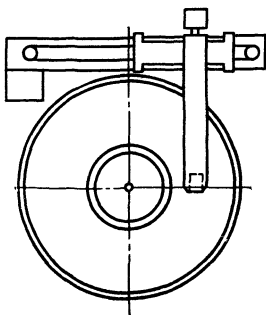


Рис. 27. Схематическое изображение звукоприемника, воспроизводящего записанный сигнал без угловой погрешности.

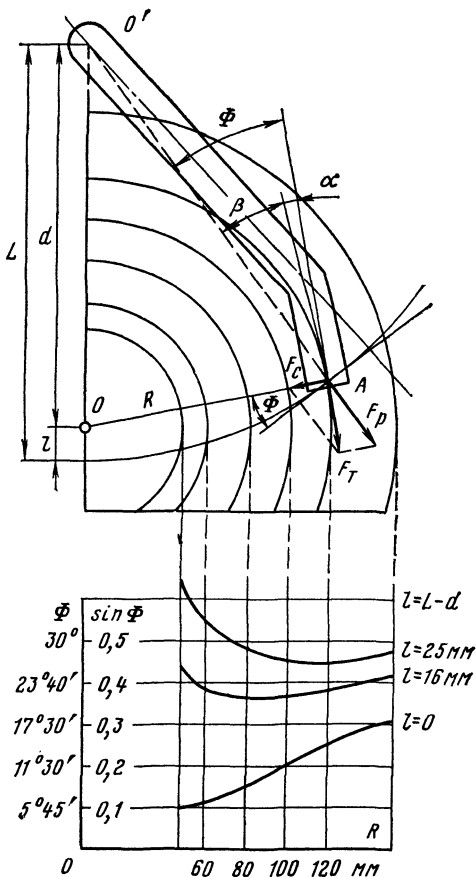


Рис. 28. Геометрические соотношения размеров звукоприемника и проигрываемой пластинки ( $d=215\text{ мм}$ ).

На рис. 28 показано взаимное положение звукоприемника и проигрываемой пластинки. Если головка будет закреплена в прямом тонарме (ось головки совпадает с прямой  $O'A$ ), то направление движения иглы при воспроизведении образует с направлением, по которому

шел резец рекордера при записи, некоторый угол  $\Phi$ , изменяющийся при движении головки в процессе проигрывания. Одной стороной этого угла в каждый момент времени проигрывания служит радиус  $R$ , соединяющий центр вращения пластинки и иглу головки, а другой — касательная к дуге, по которой перемещается игла при проигрывании и которая проведена в месте контакта иглы с пластинкой. Этот угол (в соответствии с равенством углов со взаимно перпендикулярными сторонами) равен углу, образованному касательной к звуковой канавке пластинки в месте ее контакта с иглой и прямой, соединяющей точку контакта с вертикальной осью вращения тонарма. Несовпадение движений иглы и резца при прямом тонарме приводит к образованию угловых искажений, пропорциональных углу  $\Phi$ , называемому в этом случае горизонтальным углом погрешности. Естественно, что с увеличением длины тонарма угол  $\Phi$ , а следовательно, и угловые искажения уменьшаются, однако длину тонарма нельзя увеличивать сверх некоторых разумных пределов.

Для снижения угловых искажений до допустимого значения (при приемлемой длине тонарма) головку поворачивают на угол коррекции  $\beta$ , в результате чего тонарм приобретает изогнутую форму. Обычно длину тонарма делают несколько большей, чем установочная база (на значение  $l$ ), поэтому игла заходит на это значение за центр диска.

Поворот головки на угол коррекции уменьшает горизонтальный угол погрешности до значения  $\alpha = \Phi - \beta$ . Угол коррекции должен выбираться так, чтобы угол  $\alpha$  был как можно меньше, так как угловые искажения влекут за собой нелинейные искажения, пропорциональные отношению  $\alpha/R$ .

Таким образом, чтобы снизить нелинейные искажения, вносимые тонармом рычажного типа, следует найти такие геометрические соотношения тонарма ( $d$ ,  $L$  и  $\beta$ ), при которых отношение  $\alpha/R$  было бы наименьшим во всей зоне записи пластинки. Эта зона, а следовательно, и радиус  $R$  у пластинок диаметром 300 мм меняются от 145 до 60 мм.

При расчете тонарма следует задаться одной из характеризующих его величин. Удобнее всего задаваться установочной базой  $d$ , так как она определяет размеры проигрывателя. Примем  $d$  равным 215 мм. Из треугольника  $OO'A$  (рис. 28) следует:

$$d^2 = L^2 + R^2 - 2RL \cos (90 - \Phi),$$

откуда

$$\sin \Phi = \frac{L^2 - d^2 + R^2}{2RL}.$$

На графике рис. 28 показана зависимость угла  $\Phi$  и  $\sin \Phi$  от положения иглы на пластинке (от радиуса  $R$ ) при неизменном  $d$ , равном 215 м, и разных  $L$ . Из графика следует, что рациональным выбором длины тонарма можно максимально сузить пределы изменения угла  $\Phi$ , что дает возможность наиболее эффективно скомпенсировать его углом коррекции и тем самым свести к минимуму угловые искажения. Средняя кривая графика наиболее полно отвечает этому требованию при длине тонарма 231 мм. График удобнее строить на миллиметровой бумаге в масштабе 1 : 1, и в масштабе углов  $1^\circ$  равен 15 мм.

На рис. 29 средняя кривая графика представлена более подробно. Как видно из графика, при изменении радиуса канавки от 53 до 145 мм угол  $\Phi$  изменится на  $24^{\circ}35' - 21^{\circ}50' = 2^{\circ}45'$ . Пользуясь кривой на рис. 29, можно выбрать угол коррекции  $\beta$  таким, чтобы он лежал между пределами изменения угла  $\Phi$ . При этом отклонения угла  $\Phi$  от угла коррекции в большую или в меньшую сторону и будут углом погрешности  $\alpha$ , изменяющимся в зависимости от изменений  $R$ . В данном случае угол коррекции  $\beta$  принят равным  $22^{\circ}40'$ . При этом

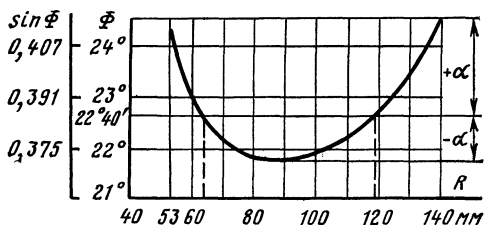


Рис. 29. Угловая погрешность тонарма длиной 231 мм при установочной базе  $d = 215$  мм.

значении угла  $\beta$  угол погрешности  $\alpha$  становится равным нулю при двух значениях радиуса  $R$ , равных 119 и 64 мм, а абсолютная величина угла  $\alpha$  не превышает  $1^{\circ}55'$ .

Таким образом, пользуясь графоаналитическим методом расчета, мы получили основные размеры тонарма  $d = 215$  мм,  $L = 231$  мм и

Т а б л и ц а 6

Наименование		Установочная база, мм	Рабочая длина, мм	Угол коррекции
проигрывателя	тонарма			
«Электроника Б1-011»	—	215	230	$22^{\circ}30'$
1-ЭПУ-73С	—	195	212	$24^{\circ}44'$
«Dual 701 (721)»	—	203	222	$25^{\circ}20'$
«Technics SL-1300»	—	215	230	$21^{\circ}30'$
«Aiwa AP-2600»	—	222	237	$22^{\circ}$
«National Panasonic» «SL-1000»	EPA-99	221	235	$22^{\circ}$
«Sony PS-2250»	PUA-286	259	245	$20^{\circ}40'$
«Thorens TDI25MK11»	TP-16	215,6	230	—
«Sansui FR-05»	—	202,5	220	$24^{\circ}30'$
—	Ortofon AS-212	212	228	$22^{\circ}42'$
—	Supraphon P1101	216,7	233	$22^{\circ}41'$

$\beta = 22^\circ 40'$ . Тонарм с такими размерами вполне пригоден для высококачественного звуковоспроизведения. Примерно такие же размеры имеют тонармы лучших отечественных и зарубежных проигрывателей (табл. 6).

Задаваясь другими значениями  $d$ , можно получить и несколько иные значения  $L$  и  $\beta$ , при этом характер кривой (рис. 29) остается таким же.

Попытки уменьшить угол погрешности привели к созданию за рубежом тонарма рычажного типа с автоматической компенсацией

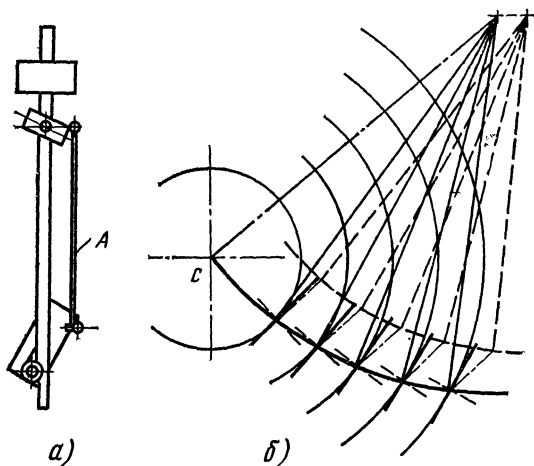


Рис. 30. Конструкция тонарма проигрывателя «Garrard Zero 100» (а) и схема положений головки в этом тонарме при проигрывании пластинки (б).

угловой погрешности (тонарм проигрывателя «Zero 100» английской фирмы Garrard). Схема такого тонарма показана на рис. 30. У этого тонарма игла хотя и перемещается по дуге, но благодаря дополнительной тяге  $A$  продольная ось головки располагается все время по касательной к канавке пластинки в любом месте ее контакта с иглой, поэтому угол погрешности  $\alpha$  не превышает  $\pm 10'$ . Особенностью этого тонарма является отсутствие выноса иглы за центр пластинки, т. е. в данном случае рабочая длина тонарма равна установочной базе.

Однако такая конструкция тонарма также не получила широкого распространения, поскольку четыре вертикальных узла вращения вместо одного, как в обычном тонарме, увеличивают силу трения, которую надо преодолеть для перемещения головки в горизонтальной плоскости. Повышение трения может отрицательно сказаться на качестве воспроизведения, особенно при применении головок высшего класса, работающих с малой прижимной силой. Кроме того, этот тонарм имеет повышенную массу, так как из-за увеличения массы держателя головки вследствие применения дополнительных шарниров и тяги пришлось увеличивать и массу противовеса. Более подробное описание этого тонарма приведено в [16].

Так как в любом тонарме рычажного типа головку приходится устанавливать под углом коррекции  $\beta$ , при воспроизведении грамзаписи возникает момент, при котором тонарм стремится повернуться в направлении к центру пластинки. Наличие этого момента объясняется образованием так называемой скатывающей силы.

На рис. 28 показана сила тяги  $F_T$ , действующая на иглу при проигрывании пластинки и направленная по касательной к звуковой канавке пластинки в точке ее контакта с иглой. Эта сила разлагается на составляющие  $F_p$  и  $F_c$ , первая из которых направлена по линии, соединяющей иглу с вертикальной осью вращения тонарма, и уравнивается за счет жесткости тонарма, а вторая, направленная к центру пластинки, ничем не уравновешена и называется скатывающей силой. Присутствие этой силы вызывает повышение давления иглы на внутреннюю (обращенную к центру пластинки) стенку звуковой канавки пластинки и ослаблению давления на ее наружную стенку, в результате чего повышается износ внутренней стенки канавки пластинки и соприкасающейся с ней стороны иглы. В то же время, ослабление давления иглы на наружную стенку канавки, особенно в сочетании с малой прижимной силой звукооснимателя, может привести к искажениям в правом канале воспроизведения. Поэтому в высококачественных звукооснимателях принимаются меры для компенсации скатывающей силы, которая, как показали исследования, не зависит от частоты вращения пластинки, а зависит прежде всего от геометрических размеров тонарма и радиуса закругления острия иглы и в меньшей степени — от расстояния от иглы до центра пластинки в процессе проигрывания. Характер относительного изменения скатывающей силы в зависимости от положения иглы на пластинке напоминает изменение угла погрешности в процессе проигрывания (рис. 31).

Как видно из графика, изменение скатывающей силы в процессе движения иглы от края до центра пластинки относительно невелико (не превышает 15%) и поэтому вообще может не приниматься во внимание. Тем не менее, как мы увидим ниже, путем рационального выбора направления компенсирующей силы это изменение можно в значительной степени уменьшить (см. рис. 51).

Компенсация скатывающей силы достигается устройствами, создающими момент относительно вертикальной оси вращения тонарма, действующий противоположно моменту, создаваемому скатывающей силой, и, следовательно, его уравнивающий.

Примеры конструкций таких устройств, называемых компенсаторами скатывающей силы, приведены ниже (см. рис. 49). Рассмотрим порядок определения скатывающей силы. Из параллелограмма сил (см. рис. 28) следует, что  $F_c = F_T \operatorname{tg} \Phi$ . Так как сила тяги  $F_T$  равна произведению прижимной силы звукооснимателя  $G$  на коэффициент трения  $K$  между иглой и пластинкой, то можно записать:  $F_c = KG \operatorname{tg} \Phi$ . Пренебрегая углом погрешности  $\alpha$  ввиду его относитель-

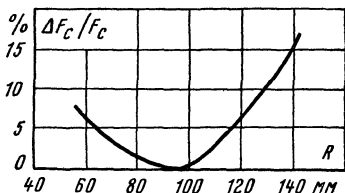


Рис. 31. Относительное изменение скатывающей силы в зависимости от положения иглы на пластинке.

ной малости, с достаточной степенью точности можно считать угол  $\Phi$  равным углу коррекции  $\beta$ , т. е.  $F_c = KG \operatorname{tg} \beta$ . Экспериментально установлено, что коэффициент трения при движении модулированной канавки пластинки относительно иглы со сферическим острием лежит в пределах 0,2—0,3, а для иглы с эллиптическим острием — примерно в пределах 0,3—0,4, поэтому для рассчитываемого нами тонарма скатывающая сила равна:

для сферической иглы

$$F_c = 0,25G \operatorname{tg} 22^\circ 40' = 0,1G;$$

для эллиптической иглы

$$F_c = 0,35G \operatorname{tg} 22^\circ 40' = 0,15G.$$

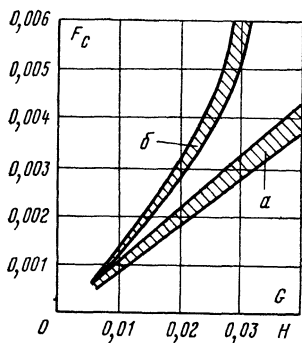


Рис. 32. Экспериментальная зависимость скатывающей силы от прижимной силы звукоснимателя для сферической (зона а) и эллиптической (зона б) игл.

На рис. 32 показана зависимость скатывающей силы от прижимной силы звукоснимателя, полученная экспериментально для тонарма с размерами, примерно соответствующими полученным в результате приведенного выше расчета. Некоторый разброс значений (заштрихованные зоны) объясняется тем, что измерения проводились на большом количестве различных пластинок, при этом коэффициент трения в зависимости от их материала, естественно, менялся в некоторых пределах.

Визуально действие скатывающей силы можно наблюдать, если поставить иглу головки на поверхность пластинки, не имеющую канавок (измерительная пластинка ЭЗЗД-19341 имеет довольно большие участки, на которых канавки отсутствуют). Можно также использовать любой гладкий (неметаллический) диск, тогда при вращении пластинки

тонарм будет увлекаться к центру пластинки. При наладке компенсатора скатывающей силы следует подобрать противодействующий момент, препятствующий движению (скатыванию) тонарма, такой величины, чтобы тонарм оставался неподвижным. При этом следует помнить, что противодействующий момент может быть установлен лишь приблизительно, так как сила трения при движении иглы по гладкой поверхности не равна силе трения при движении иглы по модулированной канавке пластинки.

Конструктивно современный тонарм рычажного типа для высококачественного воспроизведения содержит следующие основные узлы и устройства (см. рис. 25): держатель головки 1 с поводком 7 для установки иглы над нужным местом пластинки; поворотную ножку 5 (узел вращения), т. е. устройство, дающее возможность головке свободно перемещаться в горизонтальном и вертикальном направлениях; собственно рычаг 2, т. е. балку, соединяющую держатель головки с поворотной ножкой; противовес 4, располагающийся на противоположном конце рычага (за поворотной ножкой) и предназначенный для уравнивания тонарма в горизонтальной плоскости; устрой-



ство для установки и регулирования прижимной силы звукоснимателя (на рис. 25 оно объединено с противовесом), компенсатор скатывающей силы 3; микролифт 6. Желательно, чтобы вертикальная и горизонтальная оси вращения тонарма пересекались в одной точке. Несоблюдение этого условия влечет за собой повышенную чувствительность тонарма к воздействию внешних возмущающих сил (толчков и т. д.), кроме того, при этом отпадает необходимость установки проигрывателя в строго горизонтальной плоскости.

Так как современные головки дают возможность воспроизводить грамзапись с незначительной прижимной силой, для обеспечения

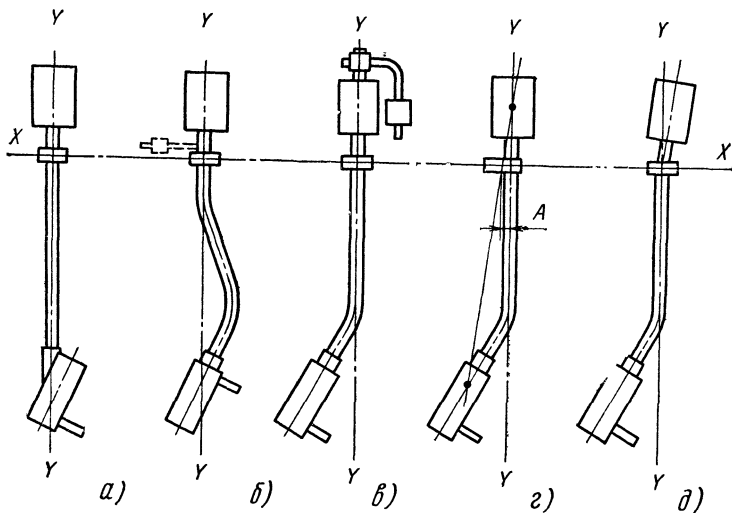


Рис. 33. Наиболее распространенные формы тонармов.

надежного следования иглы по звуковой канавке пластинки необходимо, чтобы тонарм был полностью сбалансирован, т. е. должна выполняться как горизонтальная (продольная), так и вертикальная (поперечная) балансировка тонарма.

На рис. 33, а—д показаны наиболее распространенные формы тонармов. Горизонтальная балансировка тонарма (относительно оси  $XX$ ) производится перемещением противовеса; ее выполнение особых трудностей не вызывает. Для обеспечения вертикальной балансировки тонарма (относительно оси  $YY$ ) необходимо выполнить следующее условие: центры тяжести передней и задней частей тонарма должны находиться на одной прямой с его вертикальной осью вращения. У тонармов, изображенных на рис. 33, а и б, это условие выполняется достаточно просто, так как опрокидывающий момент относительно оси  $YY$  отсутствует или минимален.

В тонарме на рис. 33, в для достижения вертикального баланса служит дополнительный противовес, который передвигается вместе с кронштейном вдоль оси  $XX$ . У тонарма, показанного на рис. 33, г, вертикальная балансировка получается смещением вертикальной оси

вращения относительно оси  $YY$  на значение  $A$ , в результате чего центры тяжести передней и задней частей тонарма лежат на одной прямой. И, наконец, у тонарма, приведенного на рис. 33,  $\delta$ , для ликвидации опрокидывающего момента относительно оси  $YY$  хвостовик с противовесом повернут на некоторый угол в направлении, противоположном изгибу тонарма.

Иногда для особо точной установки вертикального баланса делают дополнительный кронштейн (показанный на рис. 33,  $\delta$  пунктиром), по которому передвигается балансирующий грузик. Такой

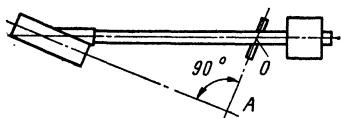


Рис. 34. Схема тонарма с горизонтальной осью вращения, перпендикулярной оси головки.

Следует отметить, что в любительских конструкциях ЭПУ изготовление тонармов, показанных на рис. 33,  $\varepsilon$  и  $\delta$ , нежелательно из-за трудности определения расстояния  $A$  и угла поворота хвостовика тонарма.

Теоретически оптимальные условия огибания иглой модулированной звуковой канавки пластинки при проигрывании создаются, когда продольная ось головки перпендикулярна горизонтальной оси вращения тонарма (рис. 34), поэтому большинство современных тонармов имеет именно такую конструкцию. Однако на практике преимущества этих тонармов по сравнению с тонармами, у которых этот принцип не соблюдается, настолько незначительны, что некоторые ведущие зарубежные фирмы в тонармах высшего класса (например, «Shure 3009», «Ortofon AS-212») его не применяют.

При возникновении вопроса о предпочтительности прямой или изогнутой формы тонарма следует отметить, что, так как одним из назначений тонарма любой формы является расположение головки на расстоянии  $L$  от вертикальной оси его вращения под углом коррекции  $\beta$ , форма тонарма не влияет на качество звуковоспроизведения и, следовательно, изогнутый тонарма не имеет каких-либо преимуществ перед прямым, и наоборот. Следовательно, выбор формы тонарма зависит только от эстетических или технологических соображений.

Перейдем теперь к более подробному рассмотрению конструкции узлов и устройств тонарма.

**Держатель головки.** Основное требование при выборе конструкции держателя — минимальная масса, поэтому промышленные держатели обычно штампуют из листа алюминиевого сплава толщиной 0,3—0,5 мм, достаточной для обеспечения необходимой жесткости. Для еще большего облегчения держателя в нем иногда выполняют большое количество отверстий (рис. 35, 36).

Обычно головку крепят двумя винтами непосредственно к держателю, но иногда встречается крепление головки к промежуточному элементу — пластине, которая в свою очередь закрепляется в держателе для обеспечения быстрого демонтажа с помощью винта, за-

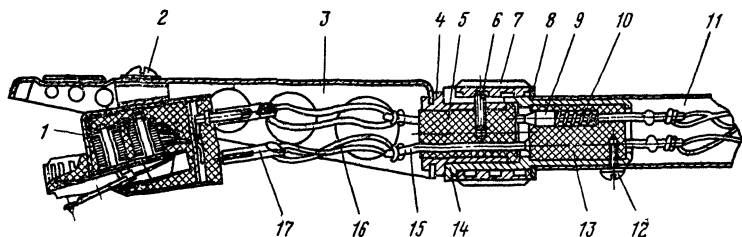
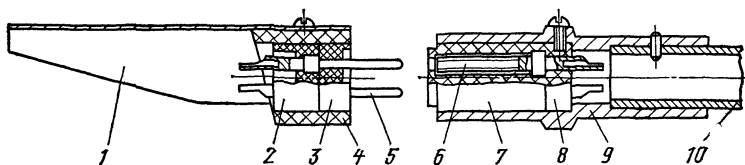
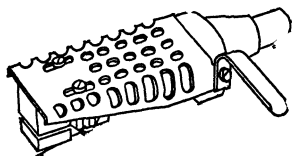


Рис. 35. Узел съемного держателя головки проигрывателя «Электроника Б1-011».

1 — магнитная головка; 2 — винт крепления головки; 3 — держатель головки; 4 — корпус разъема; 5 — вставка разъема; 6 — штифт; 7 — накидная гайка; 8 — упорная шайба; 9 — подвижный контакт, 4 шт.; 10 — пружина, 4 шт.; 11 — трубка тонарма; 12 — установочный винт; 13 — вкладыш; 14 — направляющая втулка; 15 — неподвижный контакт, 4 шт.; 16 — провода; 17 — съемный контакт, 4 шт.



а)



б)

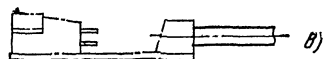
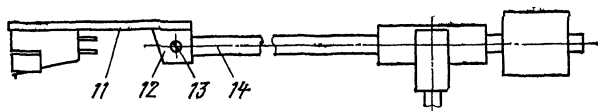
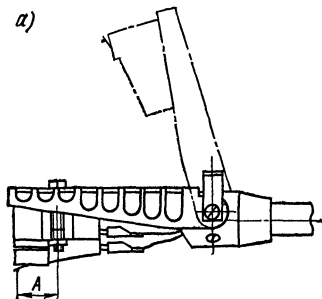


Рис. 36. Примеры конструкций держателей головки для любительского тонарма.

а — съемного; б — откидывающего; в — поворачивающего.

жима или защелки, что приводит, естественно, к нежелательному увеличению массы держателя.

Для удобного и быстрого монтажа и демонтажа головки, а также, когда радиолюбитель располагает несколькими головками, для возможности быстрой их смены вместе с держателем последний часто делают съемным, как показано на рис. 35. Такая конструкция держателя имеет несомненные удобства, но достаточно сложна и трудоемка из-за необходимости изготовления четырех- или, в крайнем случае, трехконтактного электрического разъема. Детальные чертежи такого разъема приведены в [9].

Для изготовления съемного головкодержателя в любительских условиях может быть рекомендована более простая конструкция, показанная на рис. 36, а, в которой используется контактный узел стандартного четырехконтактного штепсельного разъема, например, типа 2РМ или любого другого с диаметром контактов 0,8 мм и расстоянием между ними (по диагонали) не более 5 мм.

Извлеченные из разъема пластмассовые детали 2 и 3, содержащие штыри 5, соединяются между собой и со штырями эпоксидным клеем; детали 7 и 8, содержащие гнезда 6, соединяются клеем между собой и гнездами. На время затвердевания клея детали разъема должны быть собраны, т. е. штыри должны быть вставлены в гнезда для обеспечения их правильного взаимного расположения, что обуславливает четкое соединение и разъединение разъема без применения больших усилий. Разумеется, что попадание клея на рабочие поверхности штырей и гнезд не допускается. После застывания клея следует убедиться в работоспособности разъема. Если для его соединения (разъединения) требуется значительное усилие, штыри могут быть укорочены до длины выступающей части 5 мм.

Колодка со штырями также с помощью клея соединяется с сухарем 4, предназначенным для крепления собственно держателя головки 1, который может быть изготовлен из листа алюминиевого сплава толщиной 0,4—0,6 мм прямоугольной формы путем гибки на соответствующей оправке. Оправка может быть изготовлена, например, из дерева.

Для облегчения гибки держателя отверстия (для уменьшения массы) на его развертке желательно располагать таким образом, чтобы линии сгибов проходили по отверстиям, т. е. чтобы суммарная длина металла, подлежащего гибке, была минимальной (рис. 36, б).

Колодку разъема с контактными гнездами протачивают до наружного диаметра 8,5 мм и закрепляют во втулке 9, которую в свою очередь соединяют с трубкой тонарма 10. Соединение втулки 9 с трубкой может быть неразборным, а крепление колодки с гнездами во втулку желательно выполнить с возможностью разборки для облегчения доступа к контактам со стороны проводов. Такое соединение может быть достигнуто применением стопорного винта или штифта.

Если съемный держатель головки не требуется, может быть использована конструкция, показанная на рис. 36, в, менее трудоемкая по сравнению с предыдущей. Для облегчения монтажа и демонтажа головки держатель здесь может откидываться вверх почти на 90° и закрепляться в этом положении.

Совсем простой держатель головки показан на рис. 36, в. Он состоит из пластины 11 из гетинакса или оргстекла толщиной 2—2,5 мм, соединенной с сухарем 12, закрепленным на трубке 14 с помощью стопорного винта 13. Монтаж (и демонтаж) головки на тонарме с

таким держателем облегчается, если ослабить стопорный винт и повернуть держатель на  $180^\circ$  (вокруг оси трубки). Затем держатель с головкой устанавливается в рабочее положение, при этом надо следить, чтобы головка не имела перекоса в вертикальной плоскости.

В связи с тем что разные типы головок могут иметь неодинаковое расстояние между крепежными отверстиями и иглой (расстояние  $A$  на рис. 36, б), полезно предусмотреть возможность перемещения головки вдоль тонарма на  $\pm 3—4$  мм. Это достигается либо выполнением продолговатых отверстий для крепления головки в держателе (рис. 36, б), либо возможностью перемещения вдоль трубки тонарма всего держателя (рис. 36, б, в).

В настоящее время в большинстве промышленных конструкций держатель головки тонарма соединяется с его поворотной ножкой рычагом, представляющим собой металлическую трубку круглого сечения. Такая форма сечения рычага обладает хорошей жесткостью, противостоящей крутильным колебаниям вокруг оси трубки и, следовательно, не вызывающей так называемого торсионного резонанса. Трубки в качестве рычага широко применяют как в прямых, так и в изогнутых тонармах.

Встречаются также рычаги и другого профиля, например П-образного, однако в любительских тонармах проще применять трубки круглого сечения. Оптимальный диаметр трубки для любительских тонармов 7—10 мм. Трубки меньшего диаметра могут иметь недостаточную жесткость, а трубки большего диаметра, во-первых, увеличивают массу тонарма, а во-вторых, плохо воспринимаются зрителем. Материалами трубки могут служить алюминиевый сплав, нержавеющая сталь, медь и ее сплавы.

С целью уменьшения массы тонарма целесообразно применять тонкостенные трубки, особенно если они изготовлены не из алюминиевых сплавов. В этом случае достаточна толщина стенки 0,3—0,4 мм. Само собой разумеется, что трубка, например, из меди должна подвергаться декоративному покрытию — хромированию или никелированию.

Следует отметить, что гибка тонкостенных трубок представляет некоторые затруднения, так как в месте изгиба иногда получается заметная эллипсность, для предотвращения образования которой приходится принимать дополнительные меры, вплоть до заливки внутренней полости трубки расплавленным свинцом с последующим его расплавлением и сливом. Поэтому тонкостенные трубки лучше применять для прямых тонармов, где гибка не требуется.

Для изогнутого тонарма по технологическим соображениям лучше подходит трубка из незакаленного алюминиевого сплава с толщиной стенки примерно 1 мм. Такая трубка легко гнется на оправке или даже вручную и почти не меняет формы своего сечения. Прежде чем сгибать трубку, следует выполнить в масштабе 1 : 1 ее чертеж и периодически прикладывать к нему в процессе гибки трубку для контроля ее формы. Для удобства гибки заготовку трубки целесообразно взять на 150—200 мм длиннее (по 75—100 мм с каждого конца). Трубку из алюминиевого сплава декоративно полируют, например, с помощью пасты для полировки автомобилей.

**Поворотная ножка тонарма** представляет собой узел вращения тонарма. Это устройство предназначено для обеспечения возможности перемещения головки как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. Основные требования к поворотной ножке — минимальное трение во всех подшипниках при любых перемещениях

головки и, следовательно, минимальный противодействующий (тормозящий) момент, препятствующий ведению канавкой пластинки иглы звукоснимателя.

В высококачественных тонармах в качестве подшипников вертикальной оси вращения применяют исключительно прецизионные шарикоподшипники. Их используют также и для горизонтальной оси вращения, однако в этом случае довольно большое распространение получили так называемые ножевые опоры (рис. 37), свободно лежащие в пазах V-образной формы и обеспечивающие при сравнительной простоте конструкции очень малое трение. Опоры такого типа применены, в частности, в широко известном тонарме модели 3009 фирмы Shure, а также в тонарме проигрывателя «Электроника Б1-011».

В высококачественных зарубежных тонармах очень часто применяют миниатюрные прецизионные шарикоподшипники так называемого чашечного типа (рис. 38, а), в которых внутреннее кольцо отсутствует, а непосредственно с шариками соприкасается конический конец цапфы, обработанный с высокой точностью и подвергнутый полировке. Реже применяют опоры на часовых (рубиновых) камнях.

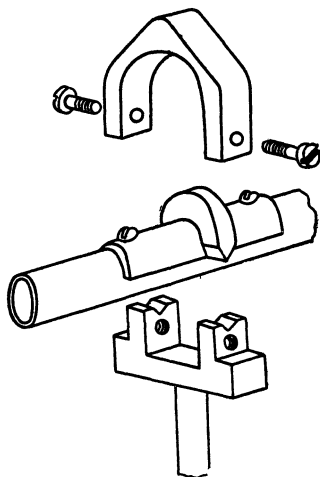


Рис. 37. Конструкция ножевой опоры для горизонтальной оси вращения тонарма.

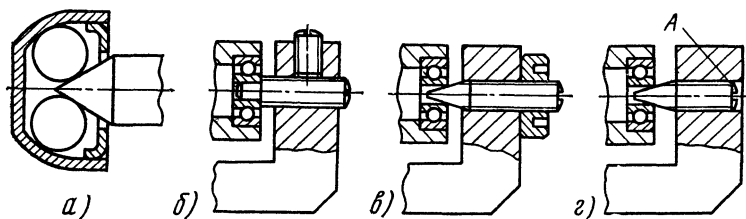


Рис. 38. Примеры конструкций цапф поворотной ножки тонарма.

Отечественной промышленностью выпускается несколько моделей шарикоподшипников чашечного типа, например, ОКБ 272 и ОКБ 375 наружным диаметром 4 мм, а также ОКБ 357, ОКБ 378 и ОКБ 381 наружным диаметром 6 мм [6]. К сожалению, эти подшипники дефицитны, поэтому при их отсутствии могут быть использованы обычные шарикоподшипники в сочетании с цапфами цилиндрического или конического типа. Строго говоря, для обычных шарикоподшипников следует применять только цилиндрические цапфы (рис. 38, б),

использование которых накладывает жесткие требования на соосность отверстий под них, а также вызывает необходимость изготовления с высокой точностью самих цапф. Однако, учитывая сравнительно небольшие нагрузки, которым подвергаются подшипники в тонарме, могут быть применены и конические цапфы (рис. 38, в, г), при этом требования к соосности отверстий и точности изготовления цапф могут быть несколько снижены. Тем не менее конические поверхности цапф должны иметь возможно более гладкую поверхность.

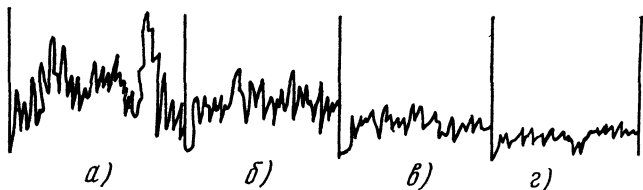


Рис. 39. Зависимость момента трения в шарикоподшипнике от времени обкатки.

а — без обкатки; б — после 2 ч обкатки; в — после 4 ч обкатки; г — после 12 ч обкатки.

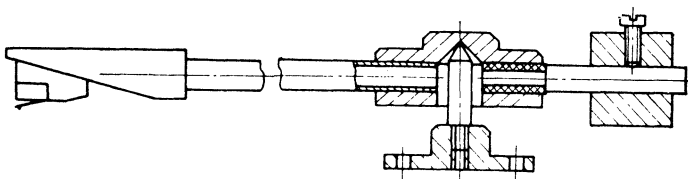


Рис. 40. Тонарм с поворотной ножкой игольчатого типа.

Для улучшения условий работы подшипников и, в частности, для снижения нагрузки, возникающей от воздействия как поперечного, так и продольного моментов, особенно при недостаточно тщательной балансировке тонарма, их не следует располагать слишком близко друг к другу (ближе 18—20 мм).

При сборке тонарма необходимо обратить особое внимание на степень затяжки шарикоподшипников. Совершенно недопустима их перетяжка, так как при этом резко увеличивается момент трения и соответственно ухудшается подвижность тонарма. Нежелательно однако и наличие люфтов, которые могут привести к возникновению паразитных резонансов тонарма. Фиксирование цапф для предотвращения их самопроизвольного перемещения производят либо с помощью специальной гайки, либо стопорного винта (рис. 38, б, в). Иногда для этой цели пользуются нитрокраской, каплю которой наносят, например, в место А (рис. 38, г).

Для уменьшения трения в шарикоподшипниках очень желательно их обкатка. На графике рис. 39 приведены экспериментальные данные изменения момента трения в шарикоподшипнике за один оборот в зависимости от времени обкатки [6]. Из графика видно, что достаточно длительная обкатка подшипников уменьшает момент тре-

ния в 5—6 раз и более. Обкатку следует проводить обязательно со смазкой, после чего подшипники тщательно и неоднократно промывают для удаления продуктов износа и смазывают свежей смазкой. Для обкатки может быть использован любой, желательно быстрый, электродвигатель, при этом одновременно можно проводить обкатку нескольких шарикоподшипников.

На рис. 40 представлена конструкция поворотной ножки, не содержащая подшипников. Все необходимые перемещения головки обеспечиваются одной игольчатой опорой. Естественно, что для нормальной работы такого тонарма требуется его идеальная балансировка как в горизонтальной, так и особенно в вертикальной плоскости. Несмотря на простоту, эта конструкция поворотной ножки не получила широкого распространения в промышленных моделях тонармов из-за повышенной чувствительности к внешним воздействиям (толчкам, сотрясениям и т. д.).

На рис. 41 схематически представлено несколько наиболее распространенных вариантов конструктивного выполнения поворотной ножки тонарма.

Для уравнивания в горизонтальной плоскости момента, создаваемого головкой, держателем головки и рычагом (трубкой), и, следовательно, возможности горизонтальной балансировки тонарма используют противовесы, располагаемые на противоположном от головки конце тонарма. Для уменьшения размеров противовеса желательно изготовить его из металла со значительным удельным весом. Кроме того, имеет значение и форма противовеса, поскольку она

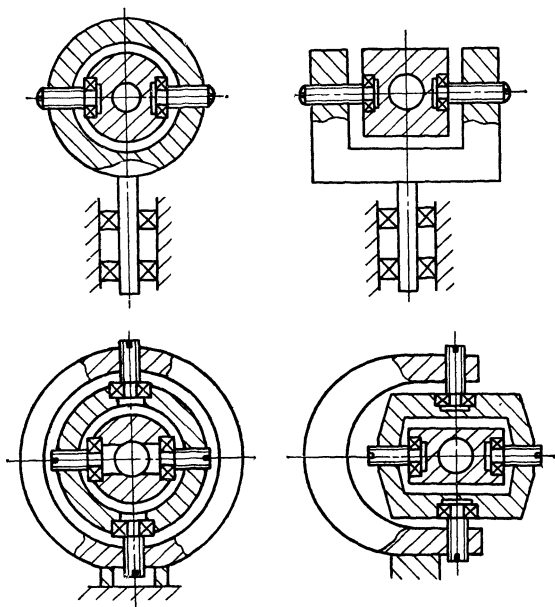


Рис. 41. Варианты выполнения поворотной ножки тонарма.



влияет на момент инерции тонарма, который всегда стремятся уменьшить.

Как известно из механики, момент инерции тела относительно какой-либо оси определяется выражением

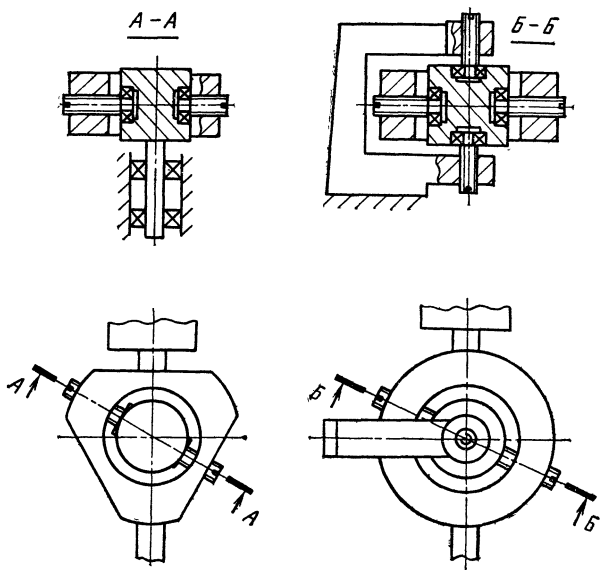
$$M = I^2 m,$$

где  $I$  — расстояние от оси до центра тяжести тела, называемое радиусом инерции, а  $m$  — масса тела.

Так как момент инерции противовеса пропорционален квадрату расстояния от его центра тяжести до горизонтальной оси вращения тонарма, выгодно это расстояние сокращать, хотя это и приводит к небольшому увеличению массы противовеса (для соблюдения условия равенства статических моментов передней и задней частей тонарма относительно горизонтальной оси его вращения).

С этой точки зрения предпочтительнее конструкция противовеса большего диаметра и меньшей длины, показанная на рис. 42 (справа), так как в этом случае  $I_1$  существенно меньше  $I$ . Кроме того, в этом случае уменьшается общая длина тонарма, что дает возможность несколько уменьшить габарит проигрывателя.

Кроме своего основного назначения противовес часто используют для создания и регулирования прижимной силы звукоснимателя, поэтому различные конструкции противовесов в качестве такого устройства будут рассмотрены ниже. Остановимся на способах крепления противовесов к тонарму с применением демпфирования, которое для высококачественных тонармов является обязательным, так как



подавляет так называемый низкочастотный резонанс тонарма. (Подробнее о резонансах тонарма и методах их расчета можно прочитать в [1].)

Способ демпфирования противовеса заключается в его креплении к тонарму через податливый, желательно неупругий элемент — демпфер (рис. 43), который может быть выполнен в зависимости от места расположения демпфера из резины, полимерного материала или поролон. Иногда демпфер противовеса называют еще антирезонансным фильтром.

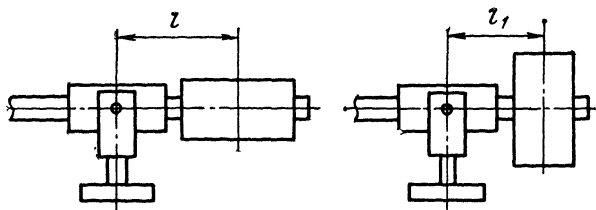


Рис. 42. Влияние формы противовеса на момент инерции тонарма.

В простейшем случае демпфером может служить отрезок резиновой или полимерной трубки (рис. 43), но встречаются и значительно более сложные противорезонансные устройства. О том, насколько большое значение придается мерам, снижающим резонанс тонарма, свидетельствует противовес тонарма проигрывателя высшего класса «Dual 701», изображенный на рис. 44, а. Этот противовес содержит два антирезонансных фильтра. Внутренний фильтр поглощает энергию резонанса системы тонарм — головка, возникающего, например, при проигрывании покоробленных пластинок, а наружный фильтр поглощает энергию при резонансе шасси (панели с диском и тонармом) проигрывателя. Наружный фильтр настраивается на частоту собственных колебаний шасси. Фирма утверждает, что противовес такой конструкции существенно понижает слышимый уровень помех от вибраций двигателя проигрывателя. На графике рис. 44, б показана эффективность демпфирования таким противовесом колебаний тонарма. Примерно такое же ослабление резонансных колебаний достигается при применении демпферов и более простой конструкции.

**Устройства регулирования прижимной силы звукоснимателя.** Для того чтобы обеспечить оптимальные условия работы головки с необходимой прижимной силой, указанной в ее паспорте, тонарм для высококачественного звуковоспроизведения должен быть снабжен устройством для установки и регулирования прижимной силы звукоснимателя.

Так как современные головки высокого класса обладают хорошей гибкостью подвижной системы и вследствие этого работают с небольшой прижимной силой, как правило, в пределах 0,005—0,015 Н (0,5—1,5 г), необходимо иметь возможность устанавливать эту силу с довольно высокой точностью, во всяком случае, не хуже 0,001—0,002 Н (0,1—0,2 г). Кроме того, желательно предусмотреть возможность зрительного контроля установленного значения прижим-

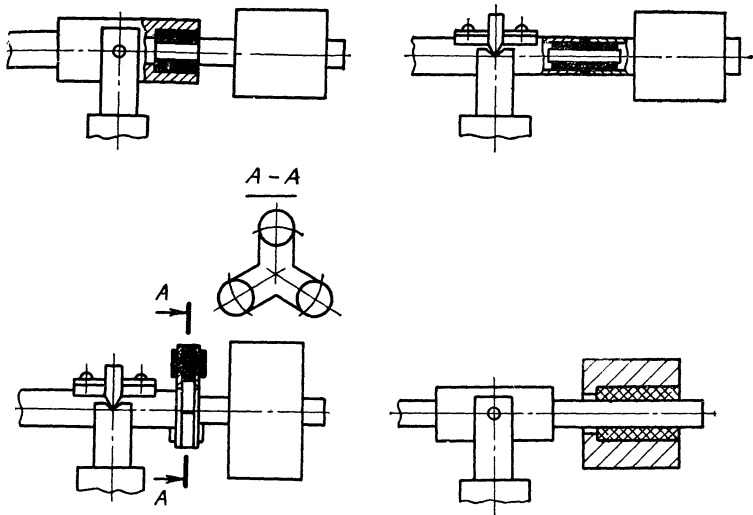
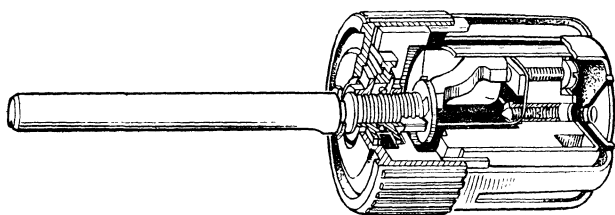


Рис. 43. Способы демпфирования противовеса.



а)

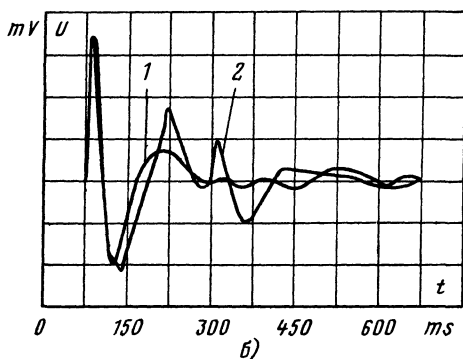


Рис. 44. Противовес тонарма проигрывателя «Dual 701» (а); кривая 1 — затухание колебаний тонарма при использовании антирезонансного фильтра; кривая 2 — затухание колебаний при отсутствии такого фильтра.

ной силы, поэтому соответствующее устройство должно иметь наглядную и хорошо читаемую шкалу с цифровыми метками.

В современных тонарах применяют три принципа регулирования прижимной силы: с помощью разбалансировки тонарма, возник-

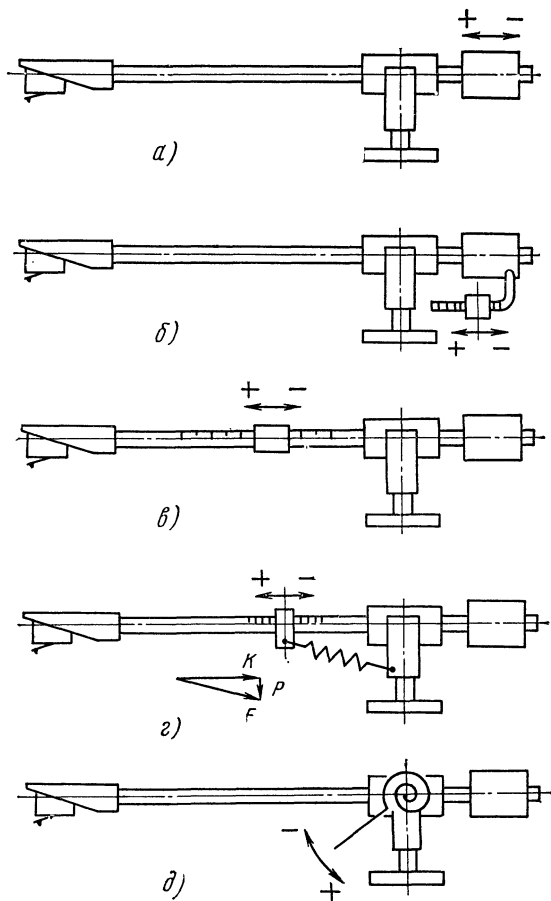


Рис. 45. Способы создания и регулирования прижимной силы звукоснимателя.

кающей, если момент плеча, на котором расположена головка, больше момента плеча противовеса; при помощи силы натяжения винтовой пружины; с помощью силы, возникающей при скручивании плоской пружины, свернутой в спираль. На рис. 45, а и б схематически показано устройство регулирования прижимной силы с помощью противовеса, перемещение которого в сторону поворотной

ножки увеличивает прижимную силу. Если такой противовес снабдить шкалой, то она будет соответствовать только одной определенной массе головки и при применении головок с другой массой требуется изменение делений шкалы. Тем не менее такой способ регулирования широко (без изменения значения шкалы) применяют многие фирмы, при этом предполагается, что большинство современных магнитных головок имеет определенную (почти одинаковую) массу (около 6 г). Шкалу градуируют так, чтобы она соответство-

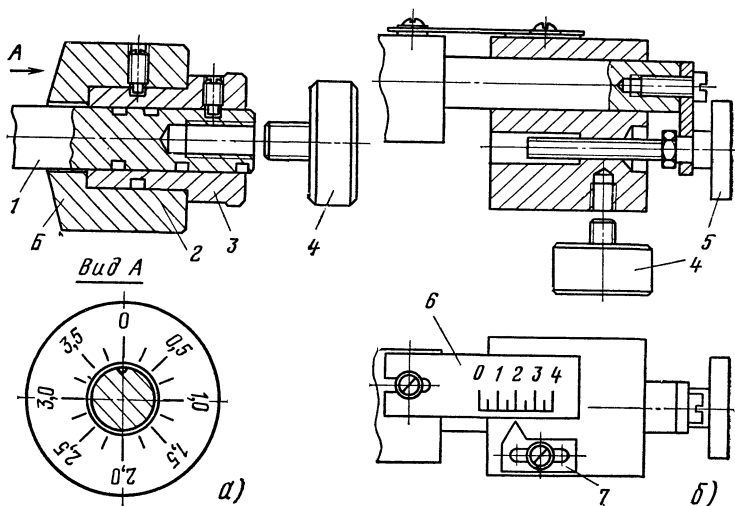


Рис. 46. Примеры винтовых механизмов для перемещения противовеса.

вала изменению прижимной силы при этой массе головки. На случай установки более тяжелой головки к тонарму придется небольшой дополнительный груз, который прикрепляется к противовесу; обычно он ввинчивается в специально предусмотренное резьбовое отверстие (рис. 46). Строго говоря, применение такого добавочного груза (4 и 5) вносит некоторую погрешность в показания шкалы, однако этой погрешностью практически можно пренебречь.

Для удобства установки прижимной силы противовес часто снабжают винтовым механизмом, обеспечивающим плавное его перемещение (рис. 46).

На рис. 46, а показана довольно распространенная конструкция механизма перемещения противовеса, а также устройства для отсчета необходимой прижимной силы. На рычаге 1 противовеса выполняется однозаходная резьба (которая может быть прямоугольного или круглого профиля) с достаточно большим шагом, обычно 8—12 мм. Масса противовеса подбирается так, чтобы при перемещении противовеса на такую же величину прижимная сила менялась в пределах от нуля до 30—40 мН. Большой диапазон изменения прижимной силы в высококачественных тонармах не делают, потому что хорошие магнитные головки работают при прижимной силе, редко превышающей 20—25 мН.

Как указывалось выше, магнитные головки, несмотря на множество их моделей, мало различаются по массе. Масса противовесов различных тонармов также лежит в сравнительно узких пределах и обычно составляет 100—120 г. Таким образом, выполнив ходовую резьбу на рычаге противовеса с указанным выше шагом (8—12 мм), можно, повернув противовес всего на один оборот, менять прижимную силу от нуля до 30—40 мН, что представляет несомненное удобство, так как позволяет разместить на торце или цилиндрической части противовеса достаточно наглядную шкалу.

Противовес обычно крепят на рычаге через промежуточную втулку 3 (рис. 46, а), на которой противовес может вращаться с некоторым трением. В данном случае шкалу для наглядности лучше нанести на поверхность Б противовеса. Вдоль верхней образующей рычага 1 противовеса наносится риска, относительно которой производится отсчет. Если крепить противовес на рычаге без применения промежуточной втулки, то следует предусмотреть возможность вращения шкалы относительно противовеса. Установка прижимной силы с помощью противовеса такой конструкции производится следующим образом: поворачивая (вместе с противовесом 2) втулку 3, балансируют (вывешивают) тонарм, при этом в некоторых пределах компенсируется разница в массе различных головок. После достижения горизонтального баланса (нулевой прижимной силы) противовес поворачивают относительно втулки 3, оставляя ее неподвижной, таким образом, чтобы нулевое деление шкалы совпало с риской на рычаге. Затем вращением втулки 3 вместе с противовесом перемещают его в сторону головки, отсчитывая по шкале требуемую прижимную силу.

На рис. 46, б показан противовес несколько другой конструкции (в этом случае он может быть и прямоугольной формы), но также снабженный винтовым механизмом для его перемещения.

После балансировки тонарма с таким противовесом надо установить против нулевого деления плоской шкалы 6 подвижный указатель 7 (можно выполнить неподвижный указатель и подвижную шкалу), после чего вращением головки винта 5 перемещают противовес, отсчитывая по шкале нужную прижимную силу. При применении головки с другой массой необходимо снова установить указатель против нулевого значения шкалы при сбалансированном тонарме. При применении головки с увеличенной массой (более 6—7 г) следует использовать для балансировки тонарма дополнительные грузики 4.

На рис. 47 показан другой способ регулировки прижимной силы с помощью противовеса. В этой конструкции для создания прижимной силы используется дополнительный малый противовес, который одновременно используется для вертикальной балансировки тонарма (см. рис. 33). Большой противовес в этом случае применяют только для уравнивания тонарма. Иногда для облегчения балансировки при применении головок с различными массами большой противовес разделяют на две части (рис. 47), одна из которых может перемещаться вдоль рычага противовеса, например, по резьбе. Шкала отсчета прижимной силы располагается на изогнутом рычаге, по которому передвигается малый противовес. Так как этот рычаг приходится делать сравнительно малого диаметра (примерно 3—4 мм), на нем из-за отсутствия места для нанесения цифр выполняют только деления шкалы.

На рис. 45, в показан способ создания и регулирования прижимной силы звукоснимателя с помощью кольцевого грузика, перемещаемого по трубке тонарма, которая в данном случае должна быть обязательно прямой. Этот способ достаточно прост, кроме того, здесь имеется возможность нанести на трубке хорошо читаемую цифровую шкалу, так как (при оптимальной массе грузика) для изменения прижимной силы на 10 мН требуется перемещение грузика на 10—

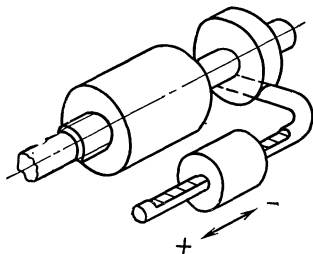


Рис. 47. Регулирование прижимной силы с помощью дополнительного противовеса.

15 мм. Этот способ имеет еще и то преимущество, что значения шкалы будут справедливы для головок с различными массами, поскольку тонарм предварительно уравнивается задним противовесом.

На рис. 45, г показан способ создания прижимной силы с помощью натяжения цилиндрической спиральной пружины. Прижимная сила  $P$  в этом случае является наименьшей из составляющих сил, на которые раскладывается сила  $F$  натяжения пружины. Это натяжение осуществляется перемещением и закреплением на трубке тонарма хомутика с винтовым зажимом. При таком способе также имеется возможность нанести шкалу с цифрами на трубке тонарма. Значения шкалы в этом случае будут справедливы для головок с различными массами, так как тонарм предварительно балансируется противовесом. Некоторым недостатком применения пружины для создания прижимной силы является сила  $K$ , которая действует на подшипники горизонтальной оси вращения тонарма, тем самым затрудняя его перемещение в вертикальной плоскости.

Рассмотрим схему регулирования прижимной силы с помощью плоской спиральной пружины, соединенной с горизонтальной осью вращения тонарма, представленную на рис. 45, д. В этом случае тонарм предварительно уравнивается противовесом, поэтому можно применять головки с различными массами. Применение пружины создает равномерную нагрузку на стенки звуковой канавки пластины при хорошо отбалансированном тонарме в любом положении проигрывателя, поэтому последний при работе не обязательно должен находиться в строго горизонтальном положении.

Используя плоскую спиральную пружину, момент которой изменяется линейно в достаточно широких пределах, удастся выполнить устройство регулирования прижимной силы довольно компактным и удобным в эксплуатации. Свободный конец пружины обычно соединяется с цилиндрической рукояткой-барабаном, расположенной сбоку от поворотной ножки. На барабане всегда имеется возможность нанесения равномерной и хорошо читаемой шкалы прижимной силы (рис. 48 и деталь б на рис. 49). Для повышения надежности установки прижимной силы барабан снабжается пружинным фиксатором. Такая конструкция устройства регулирования прижимной силы довольно широко применяется в промышленных моделях проигры-

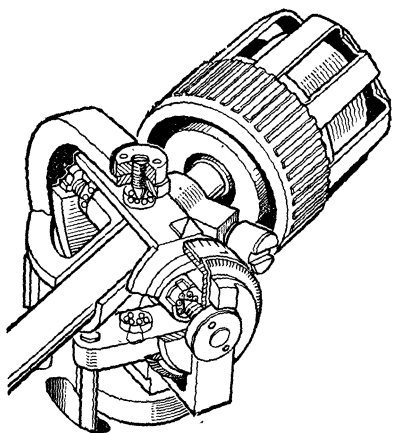


Рис. 48. Регулирование прижимной силы с помощью плоской спиральной пружины в проигрывателе «Dual 701».

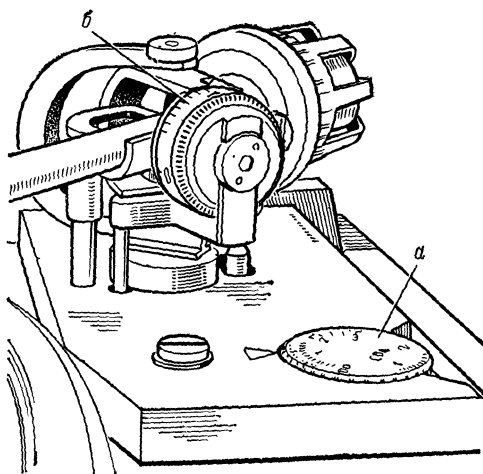


Рис. 49. Пример оформления шкалы компенсатора скатывающей силы (проигрыватель «Dual 701»).

Деталь *a* — шкала компенсатора скатывающей силы; деталь *b* — шкала значений прижимной силы звукоснимателя.



вателей, хотя для изготовления в любительских условиях она более трудоемка, чем предыдущие.

Для проверки прижимной силы звукоснимателя радиолюбитель может изготовить несложные приспособления, некоторые их конструкции описаны в приложении (см. рис. П1).

**Компенсаторы скатывающей силы.** Как уже говорилось выше (см. с. 49), для компенсации скатывающей силы необходимо создать момент относительно вертикальной оси вращения тонарма, действующий противоположно моменту, создаваемому скатывающей силой, и равный ему по значению. Так как момент, создаваемый скатывающей силой, стремится повернуть тонарм к центру пластинки, то момент, создаваемый компенсатором скатывающей силы, должен быть направлен в противоположную сторону. Конструкции компенсаторов скатывающей силы в принципе несложны, но довольно разнообразны, причем некоторые устройства (достаточно трудоемкие для изготовления в любительских условиях) снабжены удобными и хорошо читаемыми шкалами с цифрами, дающими возможность устанавливать противоскатывающую силу не только в зависимости от приведенной массы звукоснимателя, но и от типа иглы (сферической или эллиптической, а также иглы для воспроизведения квадрафонической записи, см. рис. 49).

Один из самых простых и довольно часто применяемых компенсаторов скатывающей силы показан на рис. 50, а. Противоскатывающий момент создается грузиком 1, подвешенным на гибкой нити 2, к небольшому рычагу 3, жестко связанному с вертикальной осью вращения тонарма. Изменение направления действия силы веса грузика достигается с помощью проволочного кронштейна 4, закрепленного на опоре тонарма или на лицевой панели ЭПУ. При повороте тонарма вокруг вертикальной оси нить скользит в ушке кронштейна. Для уменьшения трения применяется нейлоновая или капроновая нить, а также полируется ушко кронштейна. Регулировка противоскатывающего момента в небольших пределах, в том числе и в зависимости от типа иглы, осуществляется перестановкой петли нити по кольцевым проточкам рычага 3, а в более значительных пределах — изменением массы грузика 1.

На рис. 50, б приведена конструкция компенсатора скатывающей силы рычагового типа. Противоскатывающий момент здесь также создается грузиком 5, фиксируемым на рычаге 6 с делениями, который в свою очередь закреплен (ввернут) в ролик 7, имеющий возможность свободно вращаться на горизонтальной оси 8. Под прямым углом к рычагу 6 в ролике закреплен другой рычаг 9, который взаимодействует с таким же рычагом 10, связанным с вертикальной осью вращения тонарма. Регулирование противоскатывающего момента производится перемещением грузика по рычагу 6. Для уменьшения трения желательна установка ролика на оси 8 на шарикоподшипниках.

В обеих конструкциях компенсаторы скатывающей силы можно легко отключить, для чего в первом случае достаточно снять нить с рычага 3, а во втором повернуть рычаг 6 с грузиком на пол-оборота против часовой стрелки.

Довольно интересный компенсатор скатывающей силы, разработанный датской фирмой Bang and Olufsen, схематически показан на рис. 50, в. Вертикальная и горизонтальная оси вращения тонарма смещены от строго вертикального и горизонтального положений на угол  $\varphi$  против часовой стрелки (если смотреть на тонарм от голов-

ки). В этом случае прижимная сила звукоснимателя раскладывается на вертикальную  $P$  и горизонтальную  $P'$  составляющие, пропорциональные углу  $\varphi$ , который выбирается так, чтобы сила  $P'$  компенсировала скатывающую силу. Сила  $P'$ , пропорциональная прижимной силе звукоснимателя, в данном устройстве устанавливается автоматически, т. е. не требуется дополнительная регулировка компенсатора в зависимости от прижимной силы.

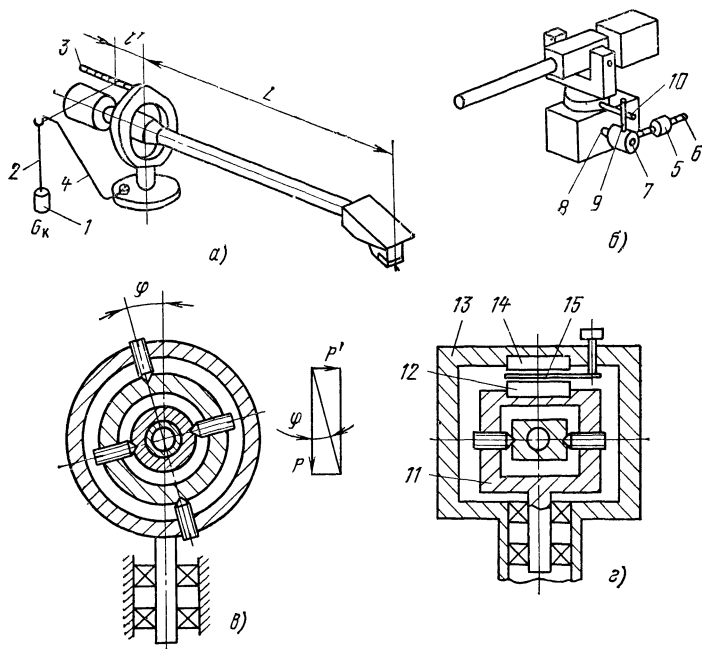


Рис. 50. Примеры конструкций компенсаторов скатывающей силы.

Тем не менее это устройство не лишено некоторых недостатков, к которым относятся отсутствие возможности его отключения без существенного усложнения конструкции, а также компенсация скатывающей силы только для одного типа иглы — сферической или эллиптической.

Оригинальная конструкция компенсатора скатывающей силы применена в тонаре английского проигрывателя «Garrard Zero 100», в котором используются силы взаимного отталкивания между полями, образованными одноименными полюсами постоянных магнитов. Схема такого компенсатора приведена на рис. 50, г. Рамка 11, в которой крепится горизонтальная ось вращения тонара, обеспечивает его поворот в горизонтальной плоскости. На этой рамке установлен постоянный магнит 12, а на дополнительной рамке 13 — такой же магнит 14. Силы взаимодействия полей обоих магнитов создают вращающий момент, в результате чего поворачивается рамка 11

вместе с тонармом и, следовательно, компенсируется скатывающая сила. Регулирование противоскатывающего момента, а также изменение его в зависимости от применяемого типа иглы (сферической или эллиптической) производятся перемещением экранной заслонки 15.

Противоскатывающий момент может быть создан также с помощью винтовой или плоской спиральной пружины. В этом случае принцип действия компенсатора аналогичен принципу действия устройства для создания и регулирования прижимной силы звукоинматора. Разница состоит только в том, что момент, создаваемый пружиной, должен действовать относительно вертикальной оси вращения тонарма, а сам момент должен быть примерно в 7—8 раз меньше. Применение пружин позволяет снабдить компенсирующее устройство шкалой с цифровыми знаками (см. рис. 49, деталь а).

Известны и другие конструкции компенсаторов скатывающей силы [16], однако они не получили широкого применения. По мнению автора, наиболее простыми и надежными являются первые два типа компенсаторов и их в первую очередь следует рекомендовать для любительских конструкций тонармов.

Остановимся на методике расчета момента, противоскатывающей силы и определения массы  $G_K$  грузика для устройства, показанного на рис. 50, а.

Допустим, что применяется головка с эллиптической иглой, работающая с прижимной силой, равной 0,015 Н (примерно 1,5 г). Из графика на рис. 32 и формулы для расчета скатывающей силы определяем, что скатывающая сила  $F_c$  в этом случае составляет 0,002 Н. По конструктивным соображениям считаем, что компенсирующая сила должна быть приложена на плече  $l_1$ , равном примерно 1/10 длины тонарма  $L$  (рис. 50, а). Составив уравнение моментов

$$F_c L = \frac{L}{10} G_K,$$

определяем массу грузика:  $G_K = 10F_c$ , или  $G_K = 10 \cdot 0,002 \text{ Н} = 0,02 \text{ Н}$  (около 2 г). Таким же образом определяется масса грузика и для компенсатора, показанного на рис. 50, б, но при этом следует принимать в расчет и момент, создаваемый собственно рычагом 6. Для упрощения расчета следует выполнить рычаги 9 и 10 одинаковыми, т. е. добиться того, чтобы передаточное отношение между ними было 1 : 1. При другом соотношении длин рычагов 9 и 10 в расчет должна быть введена соответствующая поправка.

Проведенный расчет массы грузика (для устройства, изображенного на рис. 50, а) справедлив лишь в том случае, если компенсирующая сила направлена под прямым углом к оси тонарма и игла установлена на начало записи (положение А на рис. 51). При этом момент, создаваемый силой относительно вертикальной оси вращения тонарма, будет наибольшим. При смещении иглы к центру пластинки компенсирующая сила будет действовать уже не под прямым углом к оси тонарма и создаваемый ею момент несколько уменьшится, что согласуется с графиком изменения скатывающей силы (см. рис. 31). Некоторое увеличение скатывающей силы в конце записи настолько незначительно (примерно 5%), что может не приниматься во внимание. По аналогии с изложенным для компенсатора, показанного на рис. 50, б, при установке иглы на начало записи положение рычага 6 с грузиком должно быть горизонтальным.

Следует отметить, что для компенсатора первого типа не обязательно, чтобы действие противоскатывающей силы было направлено перпендикулярно оси тонарма, установленного на начало записи. Если эта сила будет действовать под другим углом, в расчет массы грузика следует ввести поправку на этот угол, что приведет к некоторому увеличению массы грузика.

**Микролифты.** Совершенствование ЭПУ идет не только по пути улучшения их технических характеристик, но и в направлении по-

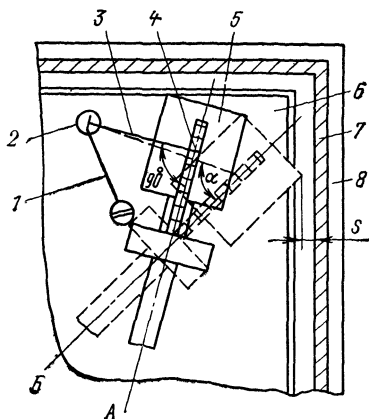


Рис. 51. Установка направления противоскатывающей силы.

*A* и *B* — положение тонарма при игле, находящейся соответственно на вводных и выводных канавках пластинки; 1 — кронштейн; 2 — грузик; 3 — нить; 4 — рычаг; 5 — противовес; 6 — панель; 7 — крышка проигрывателя; 8 — корпус.

вышения эксплуатационных удобств. Применение прецизионных тонармов и головок, работающих с малой прижимной силой, потребовало создания специальных устройств для плавного опускания головки на пластинку, получивших название микролифтов. Помимо существенного облегчения при пользовании ЭПУ они предохраняют воспроизводящую иглу и пластинку от случайных повреждений, которые могут возникнуть при неосторожном опускании головки на пластинку вручную. В настоящее время все модели высококачественных ЭПУ снабжаются микролифтами, механизмы которых либо встраиваются в тонарм и являются его принадлежностью, либо располагаются под лицевой панелью ЭПУ. Основными требованиями, предъявляемыми к микролифтам, являются: обеспечение плавного опускания иглы на пластинку (желательно, чтобы опускание происходило с замедлением), автоматическое отключение микролифта после соприкосновения иглы с пластинкой, возможность дистанционного управления, т. е. приведение в действие микролифта с помощью рукоятки, кнопки и т. п.

На рис. 52, *a* показана схема простейшего микролифта. При перемещении рукоятки 4 вправо (по рисунку) перемещается вправо шарнирно связанный с ней толкатель 5, на скос которого опирается подпружиненный шток 2, имеющий возможность свободно перемещаться во втулке 3. Шток 2, скользя по скосу толкателя, опускается под действием пружины 6, а вместе со штоком опускается и опирающийся на него тонарм 1. При перемещении рукоятки 4 влево скос толкателя поднимает шток, а с ним и тонарм. Микролифт должен быть отрегулирован таким образом, чтобы после соприкосновения иглы с пластинкой шток имел возможность продолжать опускаться

вниз для того, чтобы между его верхним концом и тонармом образовался зазор, необходимый для свободного горизонтального перемещения тонарма. Как видно из схемы, скорость опускания иглы на пластинку зависит от скорости перемещения рукоятки 4, тем не менее даже с помощью такого микролифта устанавливать иглу на пластинку, несравненно, удобнее, чем вручную за поводок держателя головки.

Перемещение толкателя 5 (так же, как и в схемах на рис. 52, б и в) может осуществляться не обязательно вручную, а с помощью реверсивного электродвигателя с редуктором. В этом случае электродвигатель может быть задействован в схему автостопа и автоматически поднимать тонарм после окончания проигрывания пластинки [14].

В микролифтах высококачественных ЭПУ скорость опускания тонарма не зависит от скорости перемещения приводной рукоятки. Замедленный спуск тонарма достигается введением в конструкцию микролифта специальных демпфирующих устройств, одно из которых схематически показано на рис. 52, б, где применен гидравлический демпфер поршневого типа.

При резком перемещении рукоятки 4 вправо скос толкателя 5 выходит из соприкосновения с поводком 7, жестко соединенным с поршнем 8, расположенным в цилиндре 9. Под действием пружины 6 поршень начинает перемещаться вниз, а жидкость, которой заполнен цилиндр, перетекать из его нижней полости в верхнюю через отверстие в цилиндре, препятствуя быстрому перемещению поршня. Вместе с поршнем опускаются соединенный с ним шток 2 и опирающийся на него тонарм. Так как по мере сжатия (в данном случае) пружины ее энергия уменьшается, соответственно замедляются и движение поршня, а следовательно, и опускание иглы на пластинку. Скорость опускания тонарма устанавливается в зависимости от вязкости жидкости, диаметра отверстия поршня, а также степени натяжения пружины. При возврате рукоятки в исходное положение толкатель 7, преодолевая сопротивление пружины и перетекающей жидкости, поднимает поршень в тонарм.

Демпферы такого типа относительно сложны. Более широкое распространение получили устройства, работающие на принципе вязкого трения. Их применение стало возможным благодаря созданию синтетических кремнийорганических (полиметилсилоксановых) жидкостей, обладающих высокой вязкостью. Такая жидкость названная сокращенно ПМС, имеет вязкость 500 000 Ст. Помещенная в пузырек, она меняет свой уровень при наклоне пузырька в течение нескольких минут. Эти жидкости практически не высыхают и не меняют своих свойств в широком температурном диапазоне. В промышленности их применяют, в частности, для успокоения (демпфирования) подвижных систем стрелочных электронизмерительных приборов.

Использование ПМС жидкостей дало возможность значительно упростить конструкции микролифтов и повысить надежность их работы.

На рис. 52, в показана одна из схем микролифта, работающего с использованием эффекта вязкого трения. Демпфер в данном случае состоит из двух дисков 11 и 12. Диск 12 жестко соединен с неподвижной осью 10, а диск 11 с поводком 7 может свободно на ней поворачиваться. Диски прижаты друг к другу пружиной, расположенной на оси 10 (на схеме не показана). Соприкасающиеся по-

верхности дисков смазаны жидкостью ПМС, которая препятствует быстрому повороту диска 11, поэтому при резком перемещении рукоятки 4 вправо поводок 7 со штоком 2, а следовательно, и тонарм плавно опускаются.

На рис. 52, г приведена еще одна схема микролифта, работающего с использованием эффекта вязкого трения. Демпфером здесь служит плунжер 15 малого диаметра, смазанный жидкостью ПМС и по-

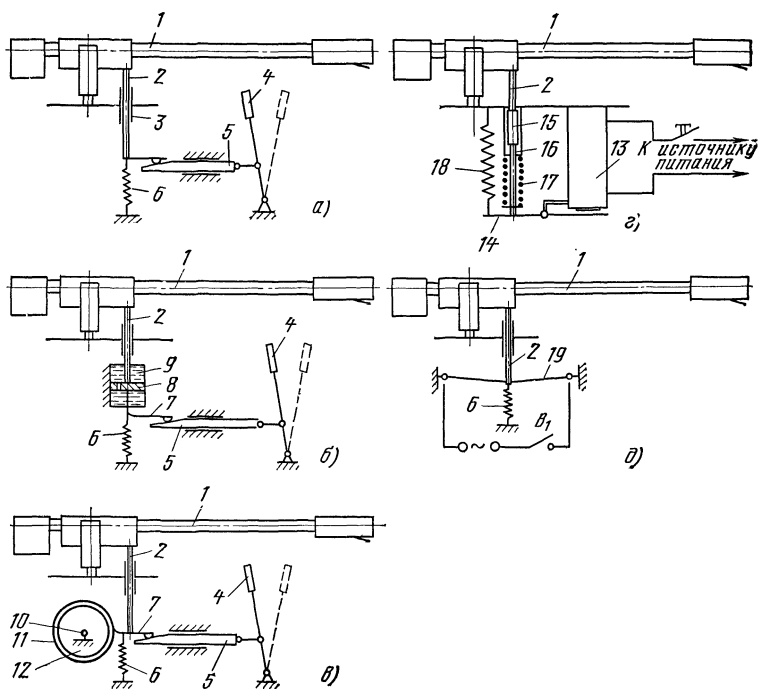


Рис. 52. Схемы микролифтов.

мещенный во втулку 16. Плунжер 15 жестко связан со штоком 2, нижний конец которого упирается в коромысло 14. Микролифт в данном случае приводится в действие электромагнитом 13. При подаче тока в электромагнит (включением тумблера или нажатием кнопки) коромысло 14 поворачивается против часовой стрелки и между штоком 2 образуется зазор, после чего пружина 17, разжимаясь, плавно увлекает плунжер со штоком вниз, опуская и опирающийся на шток тонарм. При обесточивании электромагнита пружина 18 (более сильная, чем 17), сжимаясь, поворачивает коромысло по часовой стрелке, которое, воздействуя на шток 2, заставляет его подниматься, при этом демпфер и сжимаемая пружина 17 совместно препятствуют резкому подбросу тонарм.

Следует отметить, что применение уплотнений в местах выхода штока 2 из втулки 16 не требуется, так как жидкость ПМС благодаря своей высокой вязкости не вытекает из зазора между плунжером и втулкой. Разумеется, электромагнитный привод микролифта может быть применен и в схемах, показанных на рис. 52, *а—в*, при этом электромагнит также может быть задействован в схему автостопа проигрывателя. Одна из любительских конструкций электромагнитного микролифта приведена в [19].

Высокая вязкость жидкости ПМС дает возможность осуществить замедленное и не зависящее от скорости перемещения рукоятки опускание тонарма и в схеме, приведенной на рис. 52, *а*, практически без ее изменения. Для этого достаточно ввести жидкость ПМС в зазор между штоком 2 и втулкой 3, обеспечив минимальную поверхность контакта, которая при применении жидкости с вязкостью 500 000 Ст. должна быть примерно 4 см<sup>2</sup>, что соответствует плунжеру диаметром 7 мм и втулке длиной 20 мм или штоку диаметром 4 мм и втулке длиной примерно 35 мм.

На рис. 52, *д* приведена схема микролифта, работающего на другом принципе. Здесь шток 2 связан с туго натянутой проволокой 19, изготовленной из сплава с высоким омическим сопротивлением. При замыкании контактов выключателя  $B_1$  по проволоке 19 проходит ток, под действием которого она, нагреваясь, увеличивает свою длину, давая возможность штоку 2 под действием пружины 6 плавно опуститься. При выключении тока проволока остывает и, сокращаясь в длине, поднимает шток и тонарм. Одна из любительских конструкций микролифта, в которой использован этот принцип, приведена в [7].

Проектируя микролифт, следует предусматривать возможность регулирования зазора между штоком 2 и тонармом при проигрывании пластинки. Это может быть обеспечено, например, либо вертикальным перемещением всего микролифта относительно тонарма, либо изменением длины штока, как в тонарме на рис. 53.

Заканчивая рассмотрение узлов, из которых состоит современный тонарм для высококачественного звуковоспроизведения, можно еще раз убедиться, что он является довольно сложным прибором и, следовательно, требует высокой культуры изготовления и сборки, а также тщательной регулировки. Тем не менее тонарм, удовлетворяющий всем перечисленным выше требованиям, может быть выполнен в любительских условиях. На рис. 2 и 73 приведен тонарм, сконструированный в соответствии с приведенными выше положениями. Чертежи этого тонарма имеются в [18].

Учитывая, что у многих радиолюбителей могут встретиться трудности с изготовлением деталей точения, на рис. 53 и 54 приведены чертежи другого тонарма с теми же геометрическими размерами, но содержащего минимум этих деталей. Отдельные детали этого тонарма, например корпус 11, вилка 24, противовес 8, опора 12 и т. д., при отсутствии возможности фрезерования можно выполнить при соответствующих навыках слесарным способом, т. е. в тисках с применением ножовки и напильников. Отверстия желательно сверлить на сверлильном станке, но в крайнем случае можно обойтись и ручной дрелью.

Такой тонарм при аккуратном изготовлении вполне пригоден для высококачественного звуковоспроизведения. Установка прижимной силы звуко снимателя в этом тонарме может осуществляться спосо-

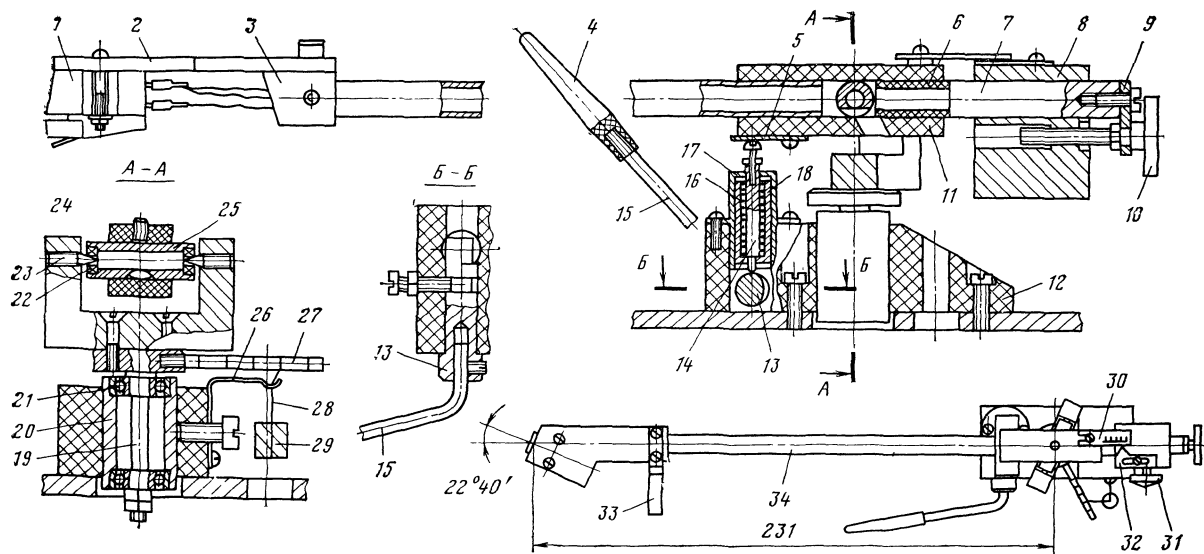


Рис. 53. Конструкция любительского тонарма, содержащая уменьшенное количество деталей точения (нумерация соответствует нумерации на рис. 54).

1 — магнитная головка; 6 — резиновая трубка, диаметр 8×1,5, длина 16 мм; 15 — поводок (сталь — латунь — хромировать); 16 — пружина диаметром 3,5 мм, из проволоки ОВС 0,3 мм; 21 — шарикоподшипник 13×4×5 мм; 22 — шарикоподшипник 6×2×2,3 мм; 26 — поводок (проволока 0,8 мм); 28 — нить капроновая; 29 — грузик (сталь — латунь — хромировать); 34 — трубка диаметр 8×1 (алюминевый сплав).



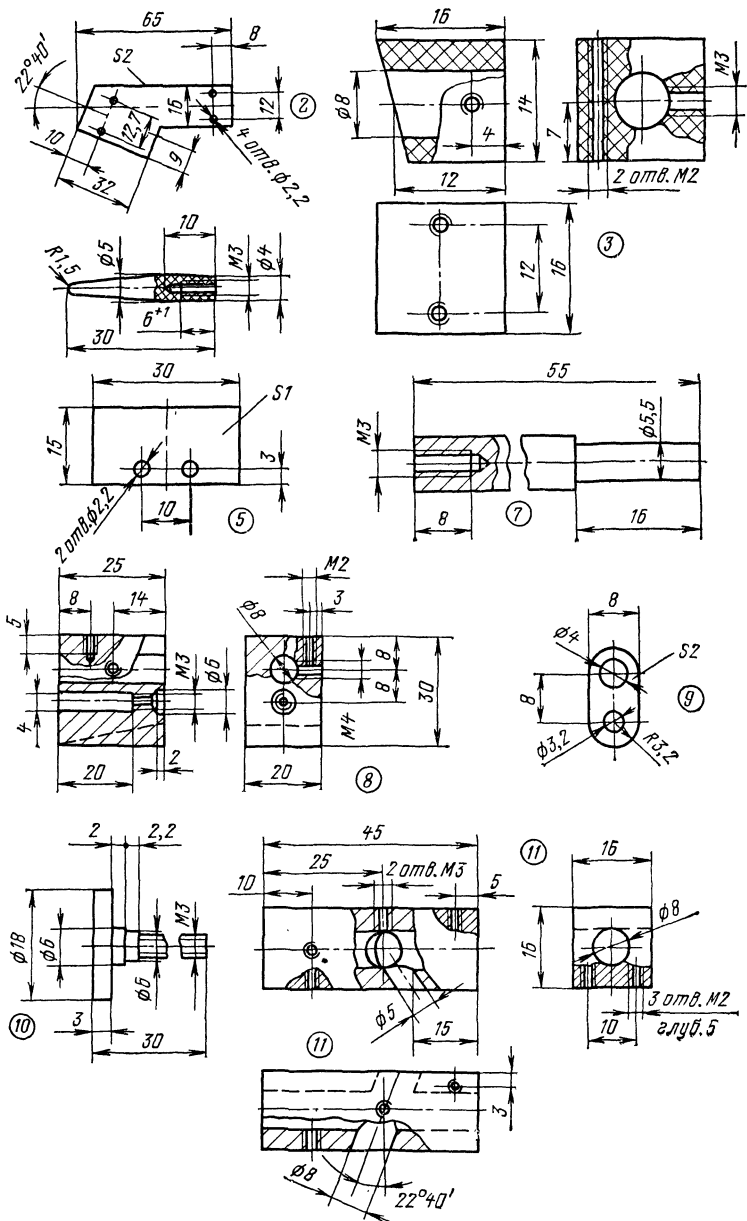


Рис. 54.

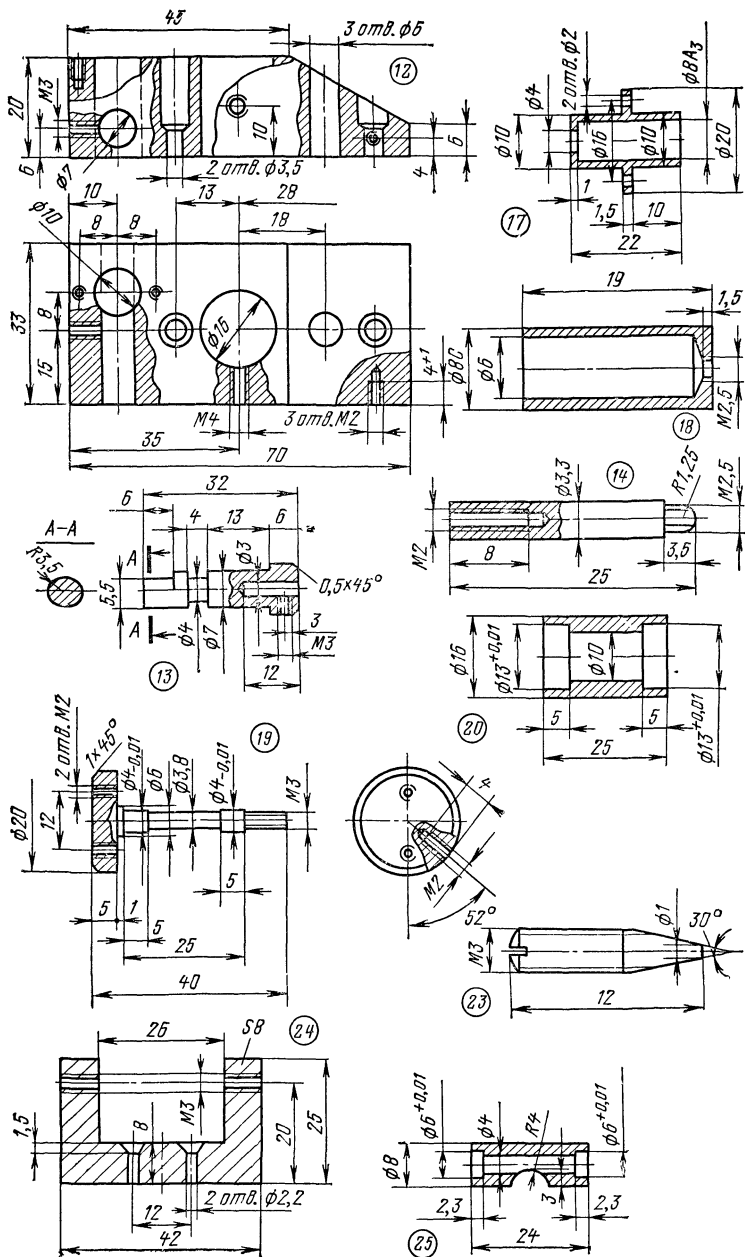


Рис. 54.

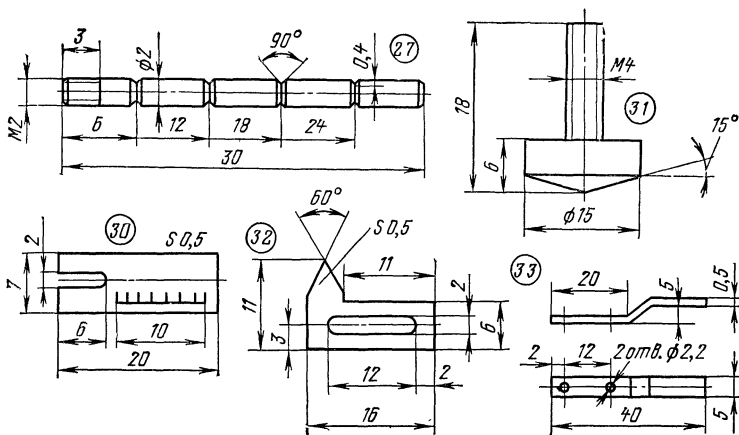


Рис. 54. Детали тонарма (нумерация деталей соответствует нумерации рис. 53).

2 — держатель головки, эбонит, оргстекло; 3 — сухарь, эбонит; 4 — рукоятка, эбонит; 5 — упор, оргстекло, сплав алюминиевый; 7 — рычаг противовеса, латунь, хромировать; 8 — противовес, латунь, хромировать матово; 9 — серьга, латунь, хромировать; 10 — винт, латунь, хромировать; 11 — корпус, эбонит, оргстекло, сплав алюминиевый; 12 — опора, эбонит, оргстекло, сплав алюминиевый; 13 — вал с кулачком, сталь 45, хромировать; 14 — шток, латунь, хромировать; 17 — цилиндр, сплав Д-16Т; 18 — поршень, сплав Д-16Т; 19 — ось вертикальная, сплав Д-16Т; 20 — втулка, сплав Д-16Т; 23 — цапфа, латунь, хромировать 2 шт.; 24 — вилка, сплав алюминиевый, эбонит, оргстекло; 25 — втулка, сплав Д-16Т; 27 — рычаг, латунь, сталь, хромировать; 30 — шкала, сплав алюминиевый; 31 — винт стопорный, латунь, хромировать; 32 — указатель, сплав алюминиевый; 33 — поводок, сплав алюминиевый.

бом, указанным на рис. 45, в, т. е. с помощью кольцевого грузика, перемещаемого по трубке. В этом случае шкала 30 не требуется, а значения прижимной силы наносятся непосредственно на трубке. Ради упрощения изготовления можно отказаться от винтового механизма перемещения противовеса, передвигая последний при балансировке тонарма вручную и фиксируя с помощью стопорного винта.

Заканчивая рассмотрение звукоусилителей, следует остановиться на проводах, предназначенных для соединения головки с усилителем НЧ или с предварительным усилителем-корректором. Как мы убедились выше, трение в подшипниках поворотной ножки тонарма должно быть минимальным, поэтому провода в месте выхода из тонарма должны иметь большую гибкость и не оказывать заметного сопротивления движению тонарма. В противном случае существенно ослабится эффективность применения самых лучших подшипников.

Для повышения гибкости проводов следует предусматривать в месте их выхода из тонарма образование достаточно широкой петли или спирали, компенсирующей изгибающий или скручивающий провода момент (рис. 55). Желательно применение многожильных проводов, однако при отсутствии их можно взять одножильные провода достаточно малого диаметра. Практика показала, что вполне под

ходит провод марки ПЭЛШО диаметром 0,1—0,12 мм или литцендрат, соответствующий по гибкости этому проводу.

Существенно облегчает монтаж и демонтаж тонарма применение штепсельного разъема, который можно расположить свободно на конце пучка проводов длиной не менее 100 мм после их выхода из тонарма или, что более надежно, прикрепить к скобе, установленной внизу тонарма. При этом размеры скобы должны обеспечить ее проход в отверстие в лицевой панели при монтаже и демонтаже

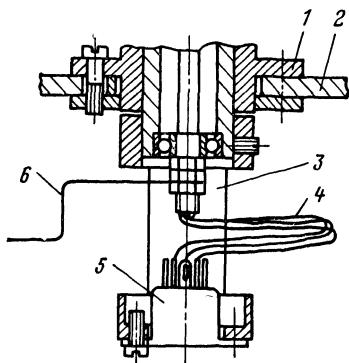


Рис. 55. Пример оснащения тонарма штепсельным разъемом.

1 — опора тонарма; 2 — панель; 3 — скоба; 4 — петля, образованная проводами, идущими из тонарма; 5 — розетка СГ-5 штепсельного соединителя; 6 — поводок устройства бесконтактного автостопа.

тонарма (на рис. 55 показан разъем тонарма, изображенного на рис. 73).

Провода в тонарме, показанном на рис. 53, проходят внутри трубки 34, корпуса 11 через его нижнее наклонное отверстие, затем выводятся наружу через соответствующие отверстия в опоре 12 и лицевой панели. Для предотвращения наводок может потребоваться заземление тонарма, в том числе его трубки.

Для контроля рабочей длины тонарма  $L$  на панели ЭПУ можно установить приспособление, описанное в приложении (рис. П1, е).

**Стойка для крепления тонарма в нерабочем положении.** Даже такому простому и второстепенному узлу, каким является механизм для фиксации тонарма в нерабочем положении, уделяется большое внимание. Известны весьма разнообразные конструкции этого механизма (рис. 56).

Наиболее простой является стойка вилочного типа (рис. 56, а) (во всех вариантах стоек, показанных на рис. 56, предполагается, что диск расположен слева от стойки). Фиксация тонарма в ней производится за счет упругой деформации материала вилки (обычно пластмассы типа полистирола). Часто фиксацию тонарма осуществляют с помощью проволочного хомутика, вручную накидываемого на трубку тонарма. Иногда устройства подобного типа крепятся не к лицевой панели ЭПУ, а непосредственно к тонарму и являются его принадлежностью (рис. 56, б). Можно применить фиксаторы пружинного типа (рис. 56, в).

Встречаются стойки, содержащие кронштейн-полку, доходящую почти до диска ЭПУ (рис. 56, в). Такая конструкция стойки более приемлема, когда тонарм не имеет микролифта, так как предохраняет иглу головки от повреждения при ударе о лицевую панель при опускании тонарма мимо пластинки.

Стойка может быть использована и как выключатель питания ЭПУ (рис. 56, *г*). При отводе тонарма в нерабочее положение трубка тонарма располагается в скобе стойки и отжимает подпружиненный стержень, являющийся фиксатором. Нижний конец стержня при этом размыкает сетевые контакты питания ЭПУ.

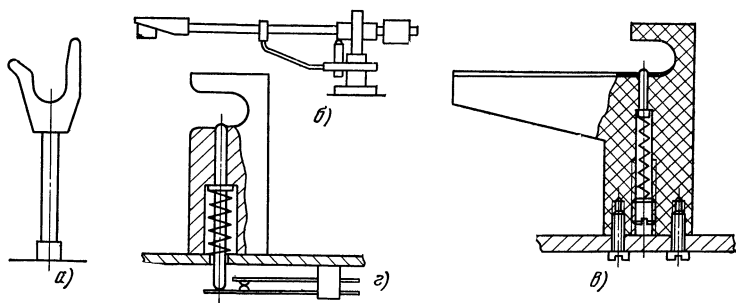
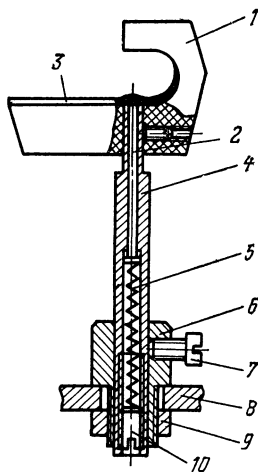


Рис. 56. Варианты выполнения стоек крепления тонарма в нерабочем положении.

Рис. 57. Конструкция стойки крепления тонарма.

1 — вилка, эбонит; 2 — шток, сплав Д16-Т, латунь; 3 — накладка, кожа толщиной 1 мм, приклеить к дет. 1 клеем 88Н; 4 — стержень, сплав Д16-Т; 5 — пружина, диаметр 3 мм, проволока ОВС 0,3 мм; 6 — втулка, сплав Д16-Т; 7 — винт М3; 8 — панель; 9 — гайка М8; 10 — винт установочный М4×6.



В любительских конструкциях полезно предусматривать возможность регулирования высоты стойки, особенно при горизонтальном расположении вилки. В этом случае высота стойки устанавливается такой, чтобы при оптимальном расстоянии между пластинкой и иглой (5—6 мм), установленном при поднятом с помощью микролифта тонарме, при горизонтальном перемещении тонарма в нерабочее положение трубка тонарма попадала точно в створ вилки.

На рис. 57 показана регулируемая по высоте стойка, которую можно рекомендовать для применения в любительских ЭПУ. Стойка содержит пружинный фиксатор, воздействующий на трубку тонарма

через кожаную накладку, приклеенную к рабочей поверхности вилки клеем 88Н. Усилие фиксации регулируется с помощью поджатия пружины установочным винтом, а также путем перемещения вилки относительно стержня.

## ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

**Предварительный усилитель-корректор.** В соответствии с ГОСТ 7893-72 и стандартами других стран (например, RIAA — стандартом США) частотная характеристика записи на грампластинке имеет вид, представленный на рис. 58. Эта характеристика выражает за-

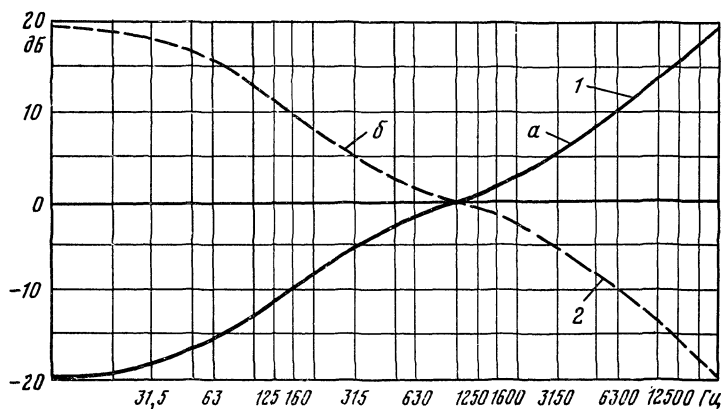


Рис. 58. Частотная характеристика каналов.

Кривая *a* — записи; кривая *б* — воспроизведения.

висимость колебательной скорости резца рекордера (в децибелах) от частоты, если э. д. с. входного сигнала постоянна во всем частотном диапазоне. Как видно из рисунка 58, характеристика записи имеет плавный подъем от низких частот к высоким, при этом за уровень 0 дБ принят уровень на частоте 1000 Гц.

Для получения звучания, соответствующего оригиналу, частотная характеристика канала воспроизведения должна иметь форму, обратную характеристике записи (рис. 58, кривая *б*). В этом случае сложение обеих характеристик образует прямую линию.

Частотная характеристика пьезоголовок имеет вид, примерно соответствующий форме кривой *б* на рис. 58, а выходное напряжение этих головок достаточно велико и составляет примерно 250 мВ на частоте 1000 Гц. Поэтому сигнал пьезоголовки можно подавать непосредственно на вход усилителя НЧ. Необходимую коррекцию сигнала можно выполнить с помощью регуляторов тембра.

Особенность магнитных головок состоит в том, что они имеют сравнительно равномерную и прямолинейную частотную характеристику и относительно небольшой выходной сигнал, не превышающий

3—5 мВ на частоте 1000 Гц у головок высокого класса и 6—9 мВ у менее качественных головок.

В связи с этим частотная характеристика магнитной головки должна быть скорректирована во всем частотном диапазоне для приведения ее к виду кривой б (рис. 58), а сигнал с выхода магнитной головки необходимо усилить до 250—300 мВ на частоте 1000 Гц, что соответствует общепринятой чувствительности входных каскадов усилителей НЧ.

Устройства, корректирующие сигнал магнитной головки с одновременным его усилением, называются предварительными усилителями-корректорами.

В промышленной аппаратуре высшего класса предусилитель-корректор обычно конструктивно входит в состав усилителя НЧ, однако в некоторых случаях предусилитель целесообразно расположить в корпусе проигрывателя.

Такое объединение предусилителя и ЭПУ создает определенные удобства при перезаписи программы грампластинки на магнитную ленту.

В большинстве магнитофонов требуется, чтобы входное напряжение было около 250 мВ и на выходе предусилителя обеспечивался такой же сигнал; поэтому магнитофон можно соединить непосредственно с проигрывателем.

К недостаткам расположения предусилителя-корректора в проигрывателе можно отнести необходимость создания отдельного источника питания предусилителя. В качестве такого источника можно использовать либо обычный выпрямитель, желательно со стабилизацией напряжения, либо сухие батареи, которые в результате потребления предусилителя небольшой мощности могут служить достаточно долго.

На рис. 59 изображена схема двухкаскадного предусилителя-корректора, выполненная на транзисторах КТ315Б, у которых коэффициент передачи  $h_{21Э}$  должен быть не менее 250, а обратный ток коллектора  $J_{КБО}$  минимальным. Схема содержит два идентичных канала (на рис. 59 изображен один канал). Связь между каскадами гальваническая, что позволяет получить хорошие фазовую и частотную характеристики усилителя. Смещение на базу транзистора  $T_1$  подается из эмиттерной цепи транзистора  $T_2$  через резисторы  $R_3$  и  $R_6$ . Для увеличения входного сопротивления транзистора  $T_1$  в цепь его базы введен резистор  $R_1$ , сопротивлением которого определяется входное сопротивление предусилителя, которое сохраняется неизменным в широком диапазоне частот.

Коррекция частотной характеристики головки осуществляется в цепи частотно-зависимой отрицательной обратной связи, подаваемой с эмиттера транзистора  $T_2$  (резистор  $R_{10}$ ) в цепь базы транзистора  $T_1$ . Элементы коррекции рассчитаны таким образом, что обеспе-

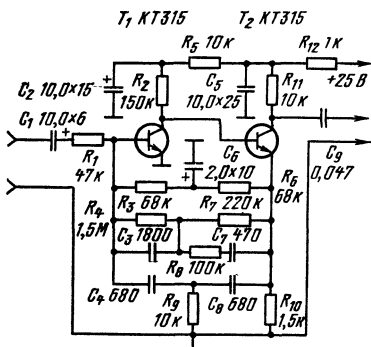


Рис. 59. Схема двухкаскадного предусилителя-корректора.

чивают завал частотной характеристики на частотах ниже 40 Гц, поэтому применение этой схемы особенно желательно, когда ЭПУ имеет повышенный уровень вибрационных помех. Питание предусилителя осуществляется от источника тока напряжением 24—25 В через развязывающие фильтры  $C_2R_5$  и  $C_5R_{12}$ .

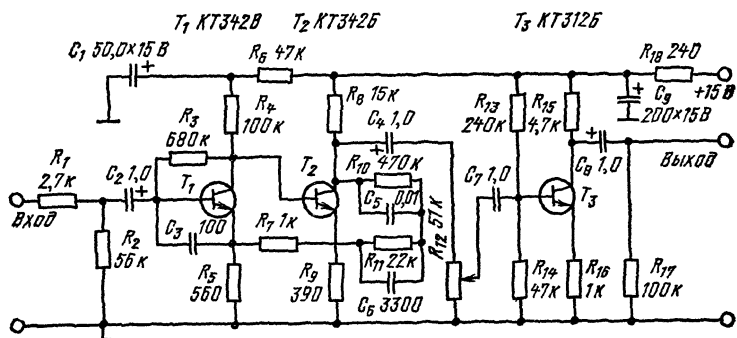


Рис. 60. Схема трехкаскадного предусилителя-корректора.

Предусилитель имеет следующие параметры:

Полоса воспроизводимых частот, Гц . . . . .	30—18 000
Разделение каналов, дБ . . . . .	46
Коэффициент нелинейных искажений, % . . . . .	0,2
Неравномерность частотной характеристики, дБ, не более . . . . .	2
Отношение сигнал/шум, дБ . . . . .	65
Усиление на частоте 1000 Гц . . . . .	40
Входное сопротивление, кОм . . . . .	47
Номинальное входное напряжение, мВ . . . . .	4—5
Максимальное выходное напряжение, В . . . . .	1

Для обеспечения указанных параметров усилителя требуется подобрать пары транзисторов по коэффициенту передачи с точностью не ниже 2%. Рекомендуется также подобрать пары конденсаторов и резисторов цепей коррекции с точностью не ниже 5%. Остальные элементы схемы могут иметь 10%-ное отклонение от номинальных величин.

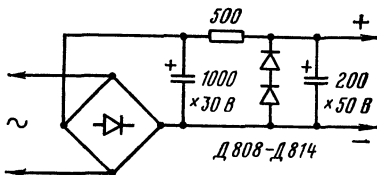
На рис. 60 приведена схема трехкаскадного предусилителя-корректора. В этом усилителе также применена гальваническая связь между каскадами, что снижает нелинейные искажения усиливаемого сигнала. Необходимая форма частотной характеристики определяется цепочками  $R_{10}C_5$  и  $R_{11}C_6$ , включенными между коллектором транзистора  $T_2$  и эмиттером транзистора  $T_1$ . Без ухудшения качества работы усилителя номиналы элементов этих цепочек могут быть следующими:  $R_{10}$  390 кОм;  $C_5$  8200 пФ;  $R_{11}$  27 кОм;  $C_6$  2700 пФ. Оптимальное напряжение питания 15—17 В; оно может быть увеличено до 24—25 В, при этом сопротивление резистора  $R_{18}$  следует увеличить до 3,3 кОм.



Сопротивление резистора  $R_3$  может изменяться от 680 до 820 кОм в зависимости от коэффициента передачи первого транзистора, который может лежать в пределах 250—600.

Эта схема практически не требует подбора элементов, так как в ней предусмотрена возможность установки идентичности выход-

Рис. 61. Схема выпрямителя для питания предусилителя-корректора.



ных напряжений с помощью переменных резисторов  $R_{12}$ . Вместо транзистора КТ312Б может быть применен транзистор КТ342Б. Емкости конденсаторов  $C_2$ ,  $C_4$ ,  $C_7$  и  $C_8$  могут быть в диапазоне от 1 до 5 мкФ, а напряжение — от 15 до 50 В.

Параметры этого предусилителя следующие:

Полоса воспроизводимых частот, Гц . . . . .	20—20 000
Разделение каналов, дБ . . . . .	50
Коэффициент нелинейных искажений, % . . . . .	0,2
Неравномерность частотной характеристики, дБ . . . . .	1,0
Отношение сигнал/шум, дБ . . . . .	65
Усиление на частоте 1 кГц . . . . .	40
Входное сопротивление, кОм . . . . .	47
Номинальное входное напряжение, В . . . . .	4—5
Максимальное выходное напряжение, В . . . . .	1,0

Существуют и другие схемы предусилителей-корректоров, в том числе с применением на выходе эмиттерных повторителей.

Располагать предусилитель-корректор в проигрывателе лучше вблизи тонарма (под тонармом) так, чтобы длина проводов, соединяющих его с головкой, была минимальной. Для снижения уровня наводок предусилитель следует поместить в заземленную металлическую коробку-экран, которая может крепиться как ко дну корпуса проигрывателя, так и снизу к его лицевой панели.

Для питания предусилителя-корректора может быть рекомендован стабилизированный выпрямитель, схема которого приведена на рис. 61. Стабилизируют оптимальное для данного предусилителя напряжение два включенных последовательно стабилитрона типа Д808-Д814.

**Устройства для контроля и регулирования частоты вращения диска.** В процессе эксплуатации проигрывателя необходимо иметь возможность убедиться в соответствии частоты вращения диска номинальному значению и в случае необходимости отрегулировать частоту вращения в некоторых пределах. Поэтому высококачественные ЭПУ, как правило, снабжаются соответствующими устройствами. Обычно такие устройства позволяют изменять и зрительно контролировать частоту вращения диска в пределах примерно  $\pm 2\%$ , что является достаточным. В случае применения электронных способов привода изменение частоты вращения двигателя, а следовательно, и диска осуществляется плавным изменением номиналов одного из эле-

ментов электронной схемы, например переменного резистора  $R_9$  (см. рис. 11),  $R_2$  (см. рис. 13) или  $R_9$  и  $R_{10}$  (см. рис. 14).

При пользовании в приводном механизме ЭПУ двигателей типа ЭДГ изменение частоты вращения может быть достигнуто электрическим способом — путем подачи в одну из обмоток двигателя постоянного тока. На рис. 62 показана схема включения такого двигателя с использованием дополнительной цепочки, состоящей из резисторов  $R_2$  и  $R_3$  и диода  $D_1$ . Изменением сопротивления переменного

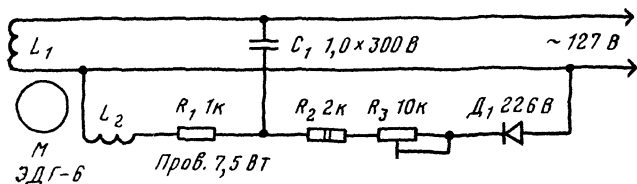


Рис. 62. Схема включения двигателей типа ЭДГ, обеспечивающая регулирование частоты вращения.

го резистора  $R_3$ , ручка которого выводится на лицевую панель ЭПУ, регулируется сила постоянного тока, подаваемого в обмотку двигателя, а следовательно, и изменение частоты его вращения. В качестве переменного резистора лучше всего применять проволочные резисторы типа ППЗ. Уменьшение частоты вращения двигателей таким способом более чем на 2% нежелательно, так как при этом ухудшается жесткость механической характеристики двигателя и увеличивается зависимость частоты его вращения от колебаний напряжения питающей сети.

Следует помнить, что при применении способа изменения частоты вращения по схеме, приведенной на рис. 62, это изменение происходит только в меньшую сторону. Поэтому при расчете передачи следует предусмотреть некоторое увеличение диаметра ведущего шкива (насадки) на валу двигателя или выполнить этот шкив с возможностью регулирования его диаметра, как показано на рис. 8.

Для контроля частоты вращения диска применяют стробоскопический способ, при котором на поверхность диска наносят равномерные расположенные контрастные метки, освещаемые по возможности импульсным источником света, обычно неоновой лампой. При определенном числе меток на вращающемся диске и освещении их неоновой лампой, питаемой от сети 50 Гц (частота ее мигания в этом случае равна 100 Гц), при номинальной частоте вращения диска метки будут казаться неподвижными. Если частота вращения диска больше номинальной, наблюдается перемещение меток по часовой стрелке, при вращении же диска с меньшей частотой перемещение меток происходит против часовой стрелки.

Количество стробоскопических меток для частоты вращения диска, при которой они кажутся неподвижными, определяется по формуле

$$z = \frac{60fk}{n},$$

где  $f$  — частота световых импульсов, Гц;  $k$  — количество меток, проходящих место наблюдения, между световыми импульсами (должно быть обязательно целым числом: 1, 2 и т. д.);  $n$  — частота вращения диска, об/мин.

Количество меток для частоты вращения диска  $33\frac{1}{3}$  об/мин равно:

$$z = \frac{60 \cdot 100 \cdot 1}{33\frac{1}{3}} = 180.$$

Это количество обычно и считается оптимальным. Если подсчитать количество меток для частоты вращения диска 45 об/мин, то оно получается дробным (133,26...). На практике для этой частоты вращения наносят 133 метки, но при этом они кажутся неподвижными при частоте вращения не точно 45, а  $45,133$  об/мин. Небольшой разницей пренебрегают, так как номинальное значение частоты вращения равно  $45,11$  об/мин.

Стробоскопические метки могут быть нанесены на верхней, нижней и боковой поверхностях диска. В первом случае неоновую лампу не используют, а частоту вращения определяют с помощью обычной осветительной лампы, питающейся от сети переменного тока. При таком расположении меток контроль частоты вращения диска ЭПУ в процессе проигрывания невозможен, так как метки закрыты грампластинкой. Расположение меток на нижней поверхности диска применяют довольно широко. В этом случае наблюдение за метками производят с помощью зеркала (рис. 63, а) через небольшое окно в панели ЭПУ и осуществляют в процессе проигрывания. Недостаток этого способа заключается в том, что поле зрения при применении зеркала довольно ограничено, в связи с чем метки видны только на сравнительно небольшом расстоянии (0,5—1 м) от ЭПУ.

Технологически метки на нижней поверхности диска могут быть выполнены путем сверления 180 равномерно расположенных по окружности отверстий диаметром 2—3 мм на глубину 1—1,5 мм. Для контрастности отверстия могут быть залиты черной краской. Однако при достаточно аккуратном выполнении отверстий и одинаковой их глубине заливка краской может и не потребоваться, так как при боковом освещении отверстий их криволинейные поверхности создают при вращении диска характерные хорошо заметные блики, позволяющие легко контролировать частоту вращения диска. Вместо сверления отверстий на нижнюю поверхность диска можно наклеить бумажное кольцо с нанесенными на нем (от руки или фотоспособом) метками круглой или прямоугольной формы.

Пример выполнения стробоскопических меток на боковой поверхности диска показан на рис. 63, б. Метки фрезеруются на диске, установленном в делительной головке. Для увеличения контраста метки либо заливают черной краской, либо после фрезерования диск анодируют в черный цвет, например в сочетании с имитацией резиновых накладок (см. рис. 19), и декоративно протачивают.

Расположение меток на боковой поверхности диска дает возможность вести наблюдение за ними с довольно большого расстояния и под различными углами зрения, т. е. не только с какого-то определенного места, как при расположении меток на нижней поверхности диска и применении зеркала. Однако и этот способ имеет недостаток, так как при вращении диска метки, освещаемые неоновой лампой,

которая в силу своего принципа действия имеет довольно слабое свечение, бывают плохо видны при ярком искусственном и особенно дневном свете. Поэтому следует предусматривать повышение интенсивности освещения меток, что достигается максимальным приближением лампы к меткам.

Лампа может быть размещена либо в отдельном фонаре над лицевой панелью (рис. 63, в), либо освещать диск через окно в панели (рис. 63, б). Хорошие результаты дает применение прозрачной

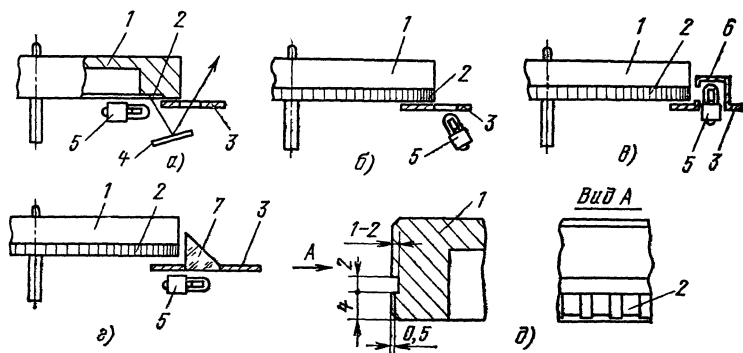


Рис. 63. Способы стробоскопического контроля частоты вращения диска ЭПУ.

1 — диск; 2 — стробоскопические метки; 3 — панель; 4 — зеркало; 5 — неоновая лампа; 6 — фонарь; 7 — призма.

призмы (рис. 63, г), которая может быть изготовлена из оргстекла. Для лучшего освещения меток могут быть одновременно задействованы две или даже три лампы, включенные параллельно.

Следует отметить, что стробоскопический контроль частоты вращения диска может служить лишь для определения среднего значения этой частоты. Детонацию ЭПУ в любительских условиях можно определять, проигрывая сигнал частотой 3150 Гц с измерительной пластинки ИЗМ 3ЗД-0101/0102. При установке на диск пластинку следует отцентрировать, так как самый незначительный эксцентриситет поля записи может вызвать хорошо прослушиваемую детонацию, которая будет приписана ЭПУ, хотя на самом деле детонация ЭПУ может лежать в допустимых пределах.

**Устройство для автоматического выключения ЭПУ (автостоп).** Все рассмотренные ранее узлы и устройства ЭПУ (за исключением микролифта) имеют прямое отношение к техническим параметрам ЭПУ, т. е. влияют на качество воспроизведения звука. В связи с тем, что в настоящее время довольно большое значение придают и эксплуатационным параметрам ЭПУ, следует рассмотреть некоторые устройства, не влияющие на качество звучания, но создающие дополнительные удобства при пользовании проигрывателем. К числу таких устройств относится автостоп, который предназначен для автоматического выключения электропитания ЭПУ после окончания проигрывания пластинки. Иногда одновременно с этим производится

замыкание проводов, несущих сигнал от головки к усилителю НЧ.

Автостопы механического (контактного) типа в высококачественных ЭПУ не применяют вследствие того, что небольшая прижимная сила звукоснимателя, соответствующая этим ЭПУ (10—20 мН) не обеспечивает создания необходимого усилия для срабатывания такого автостопа и приводит в момент его включения к выбрасыванию иглы из канавки пластинки.

В высококлассных ЭПУ применяют автостопы только бесконтактного типа, срабатывание которых механически не связано с по-

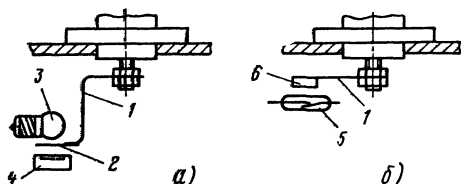


Рис. 64. Схемы устройства бесконтактного автостопа (а) и его датчика (б).

ложением иглы звукоснимателя на грампластинке. Принцип действия таких автостопов может быть оптическим, магнитным, индукционным и т. д. Рассмотрим несколько вариантов схем автостопов, пригодных для применения в любительском ЭПУ.

На рис. 64, а приведена схема, поясняющая действие автостопа, основанного на оптическом принципе и работающего по типу фотореле. На вертикальной оси тонарма укрепляется поводок 1 со светонепроницаемой заслонкой 2, перекрывающей световой поток от лампы 3 к фотоприемнику 4 в момент, когда игла закончит прохождение звуковых канавок грампластинки. Соответствующее положение заслонки обеспечивается при регулировке фотореле либо поворотом поводка 1 относительно вертикальной оси тонарма, либо подгибанием поводка. В качестве фотоприемника могут быть использованы фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы и т. д., в том числе может быть применен и самодельный фототранзистор (см. с. 29). При срабатывании фотоприемника включается обычное электромагнитное реле, которое в свою очередь выключает электродвигатель ЭПУ. В целях снижения возможной наводки желательно питать лампу 3 постоянным током.

Фотореле может работать в комбинации не только с электромагнитным реле, но и с устройством, содержащим тиратрон, по схеме, приведенной на рис. 65. Описание работы этой схемы приведено в [13].

На рис. 64, б приведен датчик автостопа с использованием геркона. В этом случае на поводке 1 крепится постоянный магнит 6, который при приближении к геркону 5 замыкает (или размыкает) его контакты.

Во всех приведенных схемах обеспечивается только выключение двигателя ЭПУ, при этом игла остается на выводной канавке грампластинки. При желании обеспечить подъем тонарма могут быть применены схемы микролифта, показанные на рис. 52, г и д.

Несколько слов об автоматизации работы ЭПУ. В современных моделях ЭПУ высшего класса довольно широко применяются устройства, автоматизирующие как отдельные операции, например установку иглы на вводимую канавку граммпластинки, так и работу ЭПУ в целом т. е. обеспечивающие автоматическую смену пластинок.

Такие устройства можно разделить на несколько разновидностей в зависимости от их назначения и сложности.

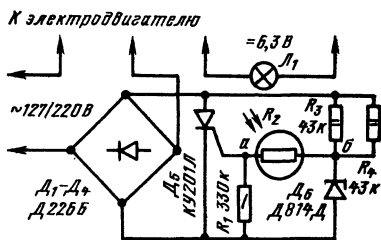


Рис. 65. Схема фотореле с использованием тиатрона.

нерабочем положении. В обоих случаях натянутая пружина фиксируется защелкой или храповиком, механически связанными с электромагнитом. По окончании проигрывания пластинки спуск пружины производится включением электромагнита с помощью автостопных устройств, описанных выше. Для обеспечения необходимой плавности движения тонарма при его подъеме и возврате на стойку применяют замедлители, которые в большинстве случаев используют эффект вязкого трения. По принципу действия они аналогичны замедлителям, применяемым в микролифтах.

2. Устройства, обеспечивающие автоматическую установку иглы на вводную канавку граммпластинки (в том числе на пластинки различных стандартных форматов) и автоматический возврат тонарма на стойку после проигрывания пластинки. Функционирование таких устройств возможно только с приводом от двигателя. Для этого используется либо основной электродвигатель ЭПУ, либо дополнительный электродвигатель, который включается по окончании проигрывания граммпластинки. Устройства подобного назначения, как правило, основаны на применении кулачковых механизмов, что существенно усложняет конструкцию ЭПУ, а следовательно, повышает и трудоемкость его изготовления. Примером устройства промышленного производства такого назначения может служить отечественное электропроигрывающее устройство 1-го класса 1ЭПУ-73С, описание которого приведено в [5]. Одна из любительских конструкций такого устройства приведена в [12].

3. Устройства для автоматической смены граммпластинок. Эти устройства обеспечивают без прикосновения человека проигрывание нескольких (обычно 6—10) граммпластинок, что, во-первых, увеличивает длительность звучания до 2—3 ч, а во-вторых, дает возможность оперативно составлять звуковую программу по желанию слушателя.

1. Устройства, возвращающие тонарма после окончания проигрывания граммпластинки в исходное положение (на стойку его крепления в нерабочем положении). Приведение в действие таких устройств осуществляется обычно путем использования энергии предварительно натянутой пружины. Натяжение пружины достигается либо перемещением рычага микролифта при опускании головки на пластинку, либо предварительным отводом тонарма на некоторый угол вправо от стойки его крепления в

В настоящее время наиболее распространены автоматические ЭПУ, у которых пластинки, подлежащие проигрыванию, располагаются на специальном шпинделе на некоторой высоте над диском, достаточной для перемещения тонарма. Проигрывание каждой пластинки производится только с одной стороны. Работа такого ЭПУ производится в следующей последовательности: по окончании проигрывания грампластинки тонарм поднимается и отводится вправо за зону пластинки, после чего на диск ЭПУ сбрасывается очередная пластинка, а затем тонарм перемещается влево и плавно опускается на вводную канавку пластинки. Этот цикл повторяется, пока не будет проиграна последняя грампластинка, после чего обеспечивается выключение ЭПУ.

Устройства такого типа компактны и при снятии специального шпинделя (его обычно выполняют съемным и хранят как принадлежность ЭПУ) могут использоваться как обычные ЭПУ с полуавтоматическим или ручным управлением тонармом. При этом внешний вид автоматического ЭПУ со снятым шпинделем ничем не отличается от обычного ЭПУ. Для привода системы автоматики в таких конструкциях используются как основной двигатель, вращающий диск, так и отдельный двигатель. Недостатком конструкций такого типа является то, что пластинки как в магазинном устройстве автомата, так и по мере их проигрывания устанавливаются на диске непосредственно друг на друге, что увеличивает возможность их механического повреждения, особенно при проигрывании покоробленных пластинок.

Применение устройств автоматического проигрывания пластинок в высококачественном любительском ЭПУ возможно, но при этом следует учитывать резкое увеличение сложности конструкции ЭПУ и трудоемкости его изготовления. Кроме того, в ЭПУ-автомате труднее обеспечить минимум помех от вибраций движущего механизма.

Так как автоматические устройства не влияют на качество воспроизведения грамзаписи, рассмотрение их конструкций не является задачей настоящей книги. Довольно подробные сведения по таким устройствам содержатся в [2, 3 и 8].

## ОБЩАЯ КОМПОНОВКА ПРОИГРЫВАТЕЛЕЙ

На рис. 66 представлен внешний вид одного из проигрывателей высшего класса швейцарской фирмы Thorens (модель TD 125). Как видно из рисунка, ЭПУ монтируется в корпусе, закрываемом крышкой (на рисунке не показана). Кроме диска и тонарма в конструкции этого ЭПУ можно выделить еще два элемента, имеющих довольно принципиальное значение, — панель, на которой крепятся узел диска и тонарм, и так называемую панель управления, где расположены все органы управления работой ЭПУ и регулирования частоты вращения диска.

Кроме особенностей наружного расположения элементов ЭПУ следует остановиться и на расположении двигателя в корпусе ЭПУ. В связи с тем что любой двигатель переменного тока является источником переменного магнитного поля, его следует помещать как можно дальше от головки и проводов, несущих сигнал от головки, т. е. как можно дальше от тонарма. Поэтому в высококачественных ЭПУ двигатель располагают в левой стороне корпуса проигрывателя, обычно в левом верхнем или нижнем углу корпуса. Кроме того,

для ослабления магнитных полей рассеяния полезно двигатель экранировать. Экран лучше делать из сплава 79НМ (листовой пермаллой). При изготовлении экранов следует учитывать необходимость создания условий для нормального охлаждения двигателя. Из этих соображений не следует экранировать нижнюю торцевую часть двигателя, а в верхней части экрана надо предусматривать отверстия или щели, достаточные для циркуляции воздуха через двигатель.

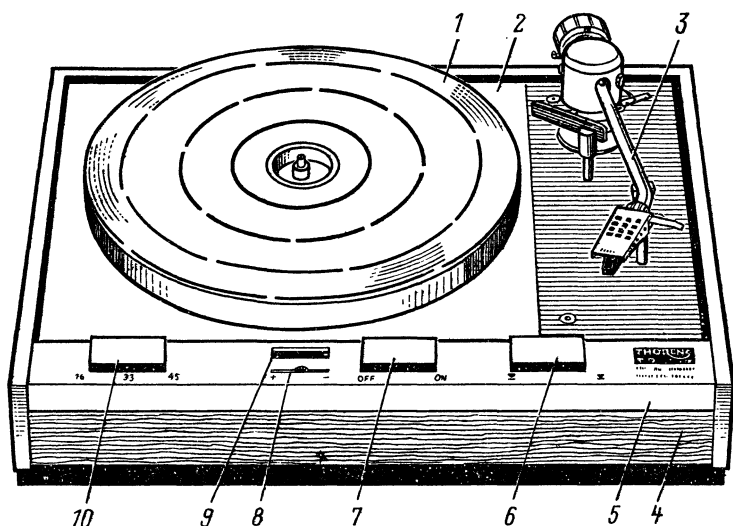


Рис. 66. Внешний вид проигрывателя «Thorens TD 125» (Швейцария).

1 — диск; 2 — панель; 3 — тонарм; 4 — корпус; 5 — панель управления; 6 — клавиша управления микролифтом; 7 — выключатель питания; 8 — рукоятка (маховичок) корректирования частоты вращения диска; 9 — окно для наблюдения за стробоскопическим устройством; 10 — переключатель частот вращения диска.

Весьма важным узлом ЭПУ является панель. От конструкции, массы, жесткости, способа закрепления и амортизации панели в ЭПУ в значительной степени зависят как уровень механических вибраций, так и чувствительность ЭПУ к внешним механическим воздействиям и к акустической обратной связи. В ЭПУ II и III классов панель обычно изготовляют методом штамповки из листовой стали сравнительно небольшой толщины (1—1,5 мм). Относительно легкая панель в сочетании с диском, имеющим небольшую массу, может привести к тому, что, несмотря на амортизацию панели, частота ее собственных колебаний может совпасть с нижней граничной частотой звукового диапазона звукозаписывающей системы. В этом случае могут возникнуть резонансные явления, ограничивающие частотный диапазон тракта воспроизведения грамзаписи.

Для исключения подобных явлений в высококачественных ЭПУ стремятся делать систему панель — диск возможно большей массы, причем, если увеличение массы диска сверх определенных пределов



(2—3 кг) не всегда оправдано, увеличение массы панели всегда желательно. Здесь опять применимо положение, известное из теории колебаний, согласно которому частота собственных колебаний системы обратно пропорциональна массе системы. Исходя из этого, в одном из последних американских проигрывателей высшего класса «Optonica RP-3636» панель выполнена из довольно толстого листа гранита, что, с одной стороны, увеличивает ее массу, а с другой, способствует лучшему затуханию механических колебаний. Гармонические колеба-

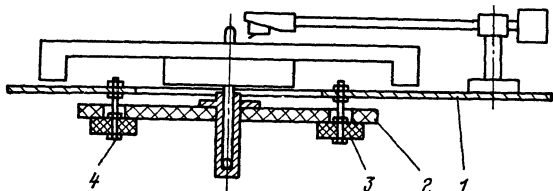


Рис. 67. Конструкция комбинированной панели.

ния такой панели благодаря нерезонирующей структуре материала превращаются в аperiodические колебания и очень быстро затухают, что способствует значительному снижению уровня рокота.

В любительском ЭПУ нерезонирующая панель может быть выполнена по крайней мере двумя способами. В первом случае панель делают многослойной, например, для ее лицевой стороны может быть применен листовой металл толщиной 2—4 мм, а снизу к панели приклеивают слой толстого картона, оргалита, древесно-стружечной плиты и т. п. Для удобства соединения такой панели с крепежными или амортизирующими элементами, а также для удобства крепления к панели снизу, например, с помощью резьбы каких-либо деталей и узлов (микролифта и т. д.) к панели может быть приклеен снизу еще один лист металла толщиной 2—3 мм. Таким образом, панель получается трехслойной и состоит из нерезонирующей прокладки, склеенной (например, клеем 88Н) с двумя металлическими листами.

Во втором случае панель изготавливают из различных материалов. Пример конструкции такой панели показан на рис. 67. Основную панель 1 изготавливают из листового металла, а промежуточную панель 2, к которой крепится соединительными болтами 4 узел диска, — из неметаллического материала: текстолита, гетинакса, оргстекла, древесно-стружечной плиты и т. п. Промежуточная панель может иметь треугольную форму. Ее крепят к основной панели через демпфирующие элементы, например войлочные шайбы 3, обеспечивающие дополнительную развязку между узлом вращения диска и звукоснимателем, не нарушая их взаимного расположения, что также способствует снижению уровня рокота. Для повышения антирезонансных свойств в этом случае к основной панели снизу может быть приклеен слой демпфирующего материала, например не слишком плотного картона толщиной 1—2 мм.

Выше довольно подробно были рассмотрены способы борьбы с помехами от механических вибраций, создаваемых электродвигателем ЭПУ. Однако в процессе эксплуатации проигрыватель может подвергаться еще и внешним воздействиям, которые можно разде-

лить на две разновидности: механические воздействия и возможное влияние акустической обратной связи.

В первом случае имеются в виду помехи, вызываемые сотрясениями основания, на которое установлен проигрыватель. Эти сотрясения могут быть следствием колебаний здания, колебаний пола при ходьбе вблизи проигрывателя и т. п.

Сущность акустической обратной связи заключается в том, что действие звуковых (особенно низкочастотных) волн, излучаемых

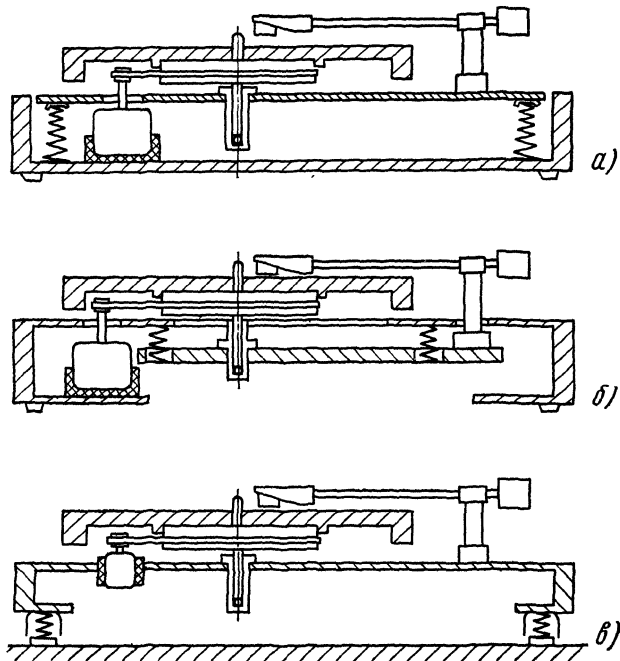


Рис. 68. Варианты подвески панели проигрывателя.

громкоговорителями, может вызвать механические колебания элементов ЭПУ, а если свободные механические колебания системы механизма ЭПУ совпадут по фазе и частоте с частотами, воспроизводимыми громкоговорителем, возникает явление механического резонанса. При этом возросшие механические колебания ЭПУ передаются звукоснимателю, вызывая паразитный сигнал, воспринимаемый как неприятные на слух низкочастотный гул и завывание звука, часто превышающие полезный сигнал. При акустической обратной связи прослушивать грамзапись невозможно. Исследования показали, что акустическая обратная связь вызывает резкие пики напряжений на звукоснимателе, достигающие 18—25 дБ в диапазоне частот 30—300 Гц [8]. Для борьбы с этими явлениями высококачественные ЭПУ проектируются так, чтобы частота собственных свободных механиче-

ских колебаний элементов ЭПУ находилась за пределами звукового диапазона, воспроизводимого акустическими системами, т. е. лежала в области ниже 10—15 Гц. Достигается это либо мягкой подвеской панели в корпусе проигрывателя в сочетании с увеличением ее массы, либо установкой всего проигрывателя на специально рассчитанных амортизаторах.

В настоящее время наиболее распространены три варианта амортизации панели ЭПУ (рис. 68). В варианте на рис. 68, а предусмотрена установка панели с диском и тонармом в корпусе с применением спиральных, желательнее конических пружин сжатия. По такому принципу выполнены проигрыватели, показанные на рис. 1, а, 2 и 66. Панель в этом случае имеет некоторую подвижность относительно корпуса, поэтому органы управления здесь выгоднее располагать на отдельной панели, жестко соединенной с корпусом.

В варианте на рис. 68, б панель с диском и тонармом подвешена снизу к корпусу на пружинах растяжения. По такому принципу выполнен проигрыватель, показанный на рис. 1, в. Эта компоновка не требует выделения специальной панели управления, и органы управления могут располагаться в любом удобном месте на верхней стороне корпуса. Как видно из рис. 68, а и б, мягкая подвеска панели в сочетании с пассиком служит одновременно и средством, препятствующим распространению механических вибраций электродвигателя.

И, наконец, на рис. 68, в показан вариант компоновки проигрывателя, получивший некоторое распространение в последнее время в связи с применением приводных механизмов с использованием сверхтихоходных двигателей, устанавливаемых непосредственно на валу диска (прямой привод диска). Как известно, такие двигатели создают очень малые вибрационные помехи, что позволяет устанавливать их на одной панели с тонармом практически без применения каких-либо виброизолирующих средств. Система амортизации в данном случае должна обеспечивать защиту проигрывателя в основном только от внешних воздействий. Как видно из рис. 68, в, весь проигрыватель амортизируется относительно основания, на котором он установлен. Применение этой схемы для любительского ЭПУ, исключая прямой привод, может быть рекомендовано в последнюю очередь и только в том случае, если двигатель имеет небольшие массу и размеры, а также незначительные вибрации, например при использовании двигателя постоянного тока по схеме на рис. 16, позволяющего существенно снизить высоту проигрывателя. Высота борта ящика в этом случае может составлять всего 20—25 мм.

Как показала практика, применение вышеуказанных способов амортизации позволяет довести резонансную частоту системы панель—диск—тонарм до нескольких герц. Эта частота находится далеко за пределами нижней граничной частоты звукового диапазона и, следовательно, обеспечивает защиту от возникновения акустической обратной связи.

Качество амортизации панели ЭПУ в большой степени зависит от правильного выбора жесткости пружинных амортизаторов, а также от взаимного расположения амортизаторов относительно центра тяжести панели с диском и тонармом. Статический прогиб конструкции, установленной на одинаковых цилиндрических спиральных пружинах, равномерно удаленных от ее центра тяжести, можно определить из выражения

$$\delta = \frac{8WD^3N}{G_s nd^4},$$

где  $W$  — полная масса упругоподвешенного тела, кг;  $D$  — средний диаметр витка пружины, см;  $N$  — число активных витков пружины;  $G_s$  — модуль сдвига, кгс/см;  $n$  — число пружин;  $d$  — диаметр проволоки, см.

Панель ЭПУ обычно устанавливают на четырех амортизаторах. Общие колебания панели ЭПУ можно разложить на две составляющие и рассматривать как сумму вертикальных и вращательных колебаний. Хорошо уравновешенный тонарм мало подвержен влиянию вертикальных колебаний, которые могут вызвать (при использовании головки с достаточной гибкостью подвижной системы) лишь кратковременные увеличения силы давления иглы на стенки звуковой канавки грампластинки без потери ее контакта с этими стенками, т. е. практически не ухудшать качество воспроизведения [8].

Более неприятны вращательные колебания, которые тонарм хорошо воспринимает. Эти колебания могут привести, особенно при использовании тонармов с большим моментом инерции и тяжелых головок, к потере контакта иглы с одной из стенок звуковой канавки пластинки или даже к перескакиванию иглы на соседние канавки.

Для уменьшения вероятности возникновения вращательных колебаний следует стремиться к тому, чтобы пружины были нагружены равномерно, так как у более нагруженной пружины амплитуда колебаний будет меньше, чем у менее нагруженной, что при внешнем возбуждении способствует возникновению вращательных колебаний. Поэтому для борьбы с такими колебаниями следует либо располагать пружины на равном расстоянии от центра тяжести панели, либо применять для более тяжелой части панели более жесткие пружины. Всегда выгодно уравнивание панели, т. е. совмещение центра тяжести панели с ее геометрическим центром. Иногда на наименее нагруженной части панели снизу устанавливают дополнительный груз. Методика расчета уравнивания панели и определения массы груза приведена в [8], а расчет цилиндрических и конических пружин — в [6]. Практика показала, что в любительском ЭПУ, построенном в соответствии со схемами на рис. 5, б, г и 68, а, при массе диска примерно 2,5 кг и основной панели, изготовленной из листа алюминиевого сплава толщиной 4—5 мм, хорошие результаты дает применение конических пружин из стальной проволоки диаметром 1,6 мм (см. рис. 74, 75).

Частоту собственных вертикальных колебаний амортизируемой массы (в данном случае панели ЭПУ или проигрывателя в целом) можно ориентировочно определить по формуле

$$f_0 = 15,8 \sqrt{\frac{1}{z_0}},$$

где  $z_0$  — деформация каждой пружины (в миллиметрах) под действием приложенной статической нагрузки (массы панели или проигрывателя).

Формула справедлива только при условии, если все пружины имеют одинаковый прогиб и расположены симметрично относительно центра тяжести амортизируемой массы [15]. Например, при прогибе каждой пружины на расстояние  $z_0 = 4$  мм

$$f_0 = 18,5 \sqrt{\frac{1}{4}} = 7,9 \text{ Гц.}$$

При прогибе каждой пружины на 6 мм частота собственных колебаний будет составлять примерно 6,5 Гц.

Для облегчения установки панели в строго горизонтальное положение, что обеспечивает наиболее благоприятные условия работы ЭПУ, следует предусматривать возможность регулирования положения панели по высоте относительно пружин (см. рис. 74). Для точной установки панели в нее может быть вмонтирован круглый пузырьковый уровень.

В связи с тем что затухание собственных колебаний пружин происходит сравнительно медленно, широко применяется демпфирование пружинных амортизаторов. В любительских условиях оно может быть достигнуто заполнением внутренней полости пружины губчатой резиной, поролоном, рыхлым войлоком или другими, желатель но неупругими материалами. Иногда бывает полезно натягивание на витки пружины полиэтиленовой трубки, особенно в случае применения конических пружин, что, в частности, предохраняет витки большого диаметра этой пружины от соприкосновения друг с другом. Для демпфирования пружин против горизонтальных колебаний может быть применен способ, показанный на рис. 69. Ограничение

горизонтальной подвижности верхнего конца пружины достигается здесь охватом ее полосой (шириной 30—40 мм) из войлока или фетра толщиной 5—6 мм. Иногда бывает достаточным ограничение горизонтальной подвижности только двух пружин, расположенных по диагонали панели, при этом полоски войлока закрепляют в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Необходимость демпфирования пружин подвески любительского ЭПУ и степень демпфирования лучше определить опытным путем на готовом ЭПУ.

Следует сказать, что в отдельных случаях, несмотря на оснащение проигрывателя системой амортизации, может не обеспечиваться его достаточная защита от внешних механических воздействий. Это бывает, в частности, при высокой подвижности пола в помещении, где установлен проигрыватель. В этом случае следует выбрать в помещении место, где возмущающие воздействия минимальны. Иногда хорошие результаты могут быть получены, если установить проигрыватель на кронштейнах, вделанных в капитальную стену.

Конструктивно ЭПУ может быть заключено в самостоятельный корпус (с крышкой) либо объединено с усилителем НЧ, который иногда выполняют совместно с радиоприемником, чаще всего предназначенным для приема только передач УКВ ЧМ диапазона (тюнером). Однако в большинстве случаев ЭПУ высшего класса выполняют как самостоятельное изделие (проигрыватель).

На рис. 70 представлен вариант комбинированной установки, содержащей проигрыватель, усилитель НЧ, тюнер и кассетный магни-

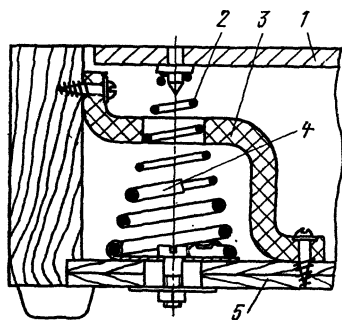


Рис. 69. Способ демпфирования пружины подвески панели.

1 — панель; 2 — пружина; 3 — войлочный демпфер; 4 — полиэтиленовая трубка; 5 — дно ящика.

тофон высшего класса. Акустические системы на этом рисунке не показаны. Как видно из рисунка, все составные части комплекса представляют собой самостоятельные изделия. Каждое изделие можно использовать отдельно и устанавливать в любом месте помещения. По такому принципу можно объединить и меньшее количество составных частей, например только проигрыватель и усилитель НЧ, и получить сочетание, представляющее собой (с акустическими системами) электрофон. Одинаковые габаритные размеры проигрывателя

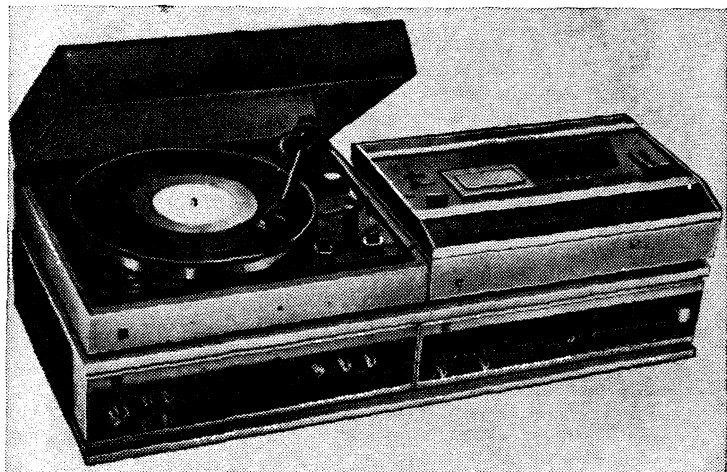


Рис. 70. Пример комбинированной установки фирмы Dual (ФРГ).

и усилителя позволяют в целях экономии места располагать проигрыватель на усилителе, не исключая их отдельной установки. Встречаются также настольные варианты объединенной компоновки ЭПУ с усилителем НЧ, при этом ЭПУ располагают либо над усилителем, как это выполнено в электрофоне «Аккорд-001», либо сбоку от усилителя, как в электрофоне «Феникс-001».

Остановимся на рассмотрении корпусов проигрывателей, которые обычно снабжают откидывающейся или съемной крышкой. Корпуса проигрывателей промышленного изготовления обыкновенно выполняются из дерева, но в последнее время некоторые фирмы делают и металлические корпуса, которые штампуются из листовых алюминиевых сплавов или отливаются (на рис. 1, б). Крышки в большинстве случаев выполняют путем прессования из прозрачных или полупрозрачных (дымчатых) полимерных материалов. При проектировании корпуса любительского проигрывателя желательно обеспечить возможность его работы с закрытой крышкой, что уменьшает вероятность случайного повреждения иглы и пластинки в процессе проигрывания, а также уменьшает загрязнение пластинки пылью. Для этого необходимо, чтобы между противовесом тонарма, когда

игла находится на выводных канавках пластинки, и боковой стенкой закрытой крышки оставался зазор  $S$  не менее 5 мм (см. рис. 51).

Корпус любительского проигрывателя может быть изготовлен из сухой древесины или фанеры, можно также использовать листовой текстолит, эбонит, оргстекло и т. д. Толщину стенок корпуса выбирают исходя из условий жесткости его конструкции, а также из декоративных соображений. Пример конструкции деревянного корпуса 6 показан на рис. 75. В дне корпуса выполнено три отверстия: центральное круглое (или другой формы, например квадратное) для доступа к регулировочной гайке узла вращения диска, с помощью которой производится установка диска на оптимальной высоте над панелью, и два отверстия прямоугольной формы, одно из которых образует дополнительное пространство для размещения узла двигателя, а другое служит для облегчения доступа снизу к поворотной ножке тонарма. Последнее отверстие необходимо например, при регулировке устройства бесконтактного автостопа.

При компоновке проигрывателя в соответствии со схемами на рис. 68, б и в сплошное дно корпуса делать не обязательно, в этом случае может оказаться достаточной установка планок или угольников для крепления амортизирующих элементов.

Наружные поверхности корпуса декоративно отделывают. При изготовлении деревянного корпуса применяют полировку или лакировку после оклейки корпуса фанеровочным шпоном. Значительно сокращается время, затрачиваемое на отделку, если оклеивать корпус декоративной синтетической пленкой, имитирующей ценные породы дерева. Этот же способ отделки может быть рекомендован и при изготовлении корпуса из других материалов. Перед оклеиванием пленкой соответствующие поверхности корпуса при необходимости шпаклюют и тщательно выравнивают, при этом особое внимание следует уделить местам пересечения плоскостей (углам), так как не допускаются завалы и скругления. Лучше применять эпоксидные шпаклевки, чем нитрошпаклевки, так как последние дают при высыхании значительную усадку, что вызывает необходимость при заделке достаточно глубокой неровности неоднократного их нанесения. Эпоксидные шпаклевки при затвердевании объема не меняют, т. е. усадки не дают.

В корпусе, изображенном на рис. 74, поверхность  $M$  окрашена черной матовой краской. Матовая поверхность при высыхании масляной краски может быть получена, если краску из тюбика (для живописи) развести без применения олифы чистым сиккативом или скипидаром, при этом время высыхания краски увеличивается до 2—3 сут. Рекомендуется окрасить и внутренние поверхности корпуса. В окончательно отделанном корпусе следует выбрать наиболее ровную с наименьшим количеством дефектов длинную сторону, которая будет являться лицевой стороной проигрывателя, после чего дно корпуса окончательно закрепляют, а в задней стенке при необходимости сверлят отверстия для установки штепсельных разъемов, переключаемых напряжения сети, предохранителя и т. п.

Крышку корпуса проигрывателя в любительских условиях можно изготовить из листового оргстекла толщиной 3—4 мм. Оргстекло может быть бесцветным либо желтого, зеленого, синего, красного или другого цвета в зависимости от вкуса конструктора и интерьера помещения.

Так как монолитную крышку в любительских условиях изготовить очень трудно, можно рекомендовать способ склейки крышки из

отдельных деталей. Если эти детали выполнены с ровными краями (фрезерованы), склеивать крышку очень удобно чистым дихлорэтаном с помощью медицинского шприца, через иглу которого дихлорэтан равномерно подается вдоль стыка двух соединяемых деталей (рис. 71, а). Достаточно ровные края деталей крышки можно получить и без фрезерования, для чего любые две детали крышки следует соединить через деревянный брусок с помощью струбцин (рис. 71, б) и выровнять края, подлежащие обработке, после чего

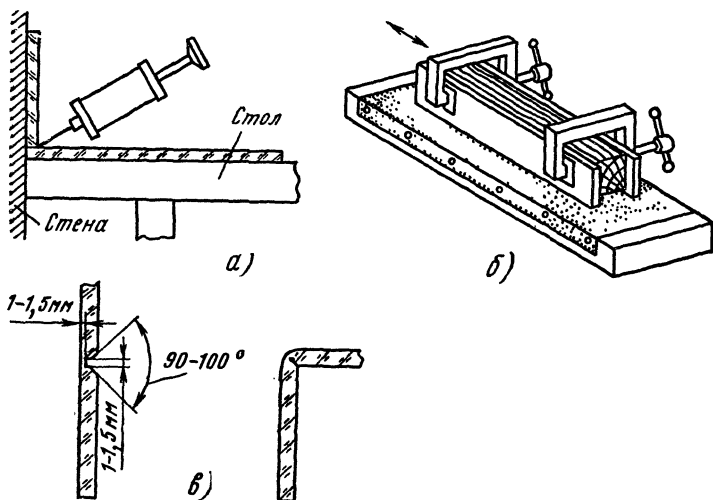


Рис. 71. Способы изготовления крышки.

произвести их обработку наждачной бумагой средней зернистости, прибитой к ровной доске достаточной длины (на 150—200 мм больше, чем длина обрабатываемых деталей).

Крышка будет иметь более привлекательный внешний вид, если ее передняя и задняя стенки будут не приклеены, а отогнуты, для чего по линии, подлежащей гибке, делают паз (рис. 71, а), а затем место гибки по всей длине нагревают газовой горелкой или паяльной лампой. Для обеспечения достаточно равномерного нагрева пламя следует все время перемещать вдоль паза (нагревать следует наружную поверхность крышки). После размягчения оргстекла его отгибают под нужным углом (рис. 71, в).

Поверхности крышки, не подлежащие гибке, следует защитить от нагрева. Для приобретения соответствующих навыков желательно сначала провести пробную гибку. Оргстекло можно нагреть также с помощью туго натянутой раскаленной проволоки высокого омического сопротивления. В этом случае паз должен быть разделан под углом, несколько превышающим  $90^\circ$  (для обеспечения возможности извлечения проволоки). Боковые стенки крышки клеивают. Крышка может быть комбинированной, например верхняя и передняя стенки из оргстекла, а задняя и боковые — деревянные.



Крышку изготавливают либо съёмной, либо откидывающейся на петлях с фиксацией в открытом положении (обычно под углом 50—60° к плоскости панели). Фиксацию крышки производят с помощью специальной стойки, одна из конструкций которой показана на рис. 74.

Конструкции петель весьма разнообразны. Иногда для повышения удобства эксплуатации проигрывателя петли содержат зажимные устройства, позволяющие легко снимать крышку. Кроме того, в последнее время получили распространение петли, снабженные пружинными элементами, позволяющими открытой крышке оставаться почти в любом положении без применения каких-либо стоек.

На рис. 72 показан пример конструкции петли с использованием торсиона, т. е. достаточно длинного (100—150 мм) стержня диаметром 2—3 мм, работающего на скручивание. В свободном состоянии конец торсиона, соединяемый с крышкой, отогнут под углом примерно 60° к вертикали, поэтому при закрывании крышки торсион создает усилие, возрастающее по мере приближения крышки к горизонтальному положению и позволяющее ей оставаться неподвижной в довольно широком диапазоне углов раскрытия. В то же время усилие торсиона подбирается таким, чтобы крышка самопроизвольно не открывалась. Обычно используют два торсиона в обеих петлях крышки.

При изготовлении проигрывателя не следует экономить время на его внешнюю отделку. В любительских условиях можно добиться, чтобы любое устройство не производило впечатления кустарной поделки, а имело промышленный вид. Его можно получить, соблюдая рекомендации технической эстетики, в частности выдерживая общий стиль оформления изделия.

При отделке проигрывателя следует уделить внимание подбору цветовой гаммы, а также фактуры материала узлов и деталей. Желательно, чтобы количество разнородных по цвету и фактуре поверхностей было минимальным. Вполне достаточно, например, сочетание оформленного в дереве ящика с умеренно блестящими (серебристыми) поверхностями диска и тонарма и темными (черными, темно-серыми) поверхностями резиновых накладок на диск, панели, отдельные детали тонарма и т. д.. Если при этом какие-либо детали будут «выпадать» из этой гаммы (например, если изготовлены из латуни или бронзы без покрытия), впечатление от законченности конструкции резко снижается. Иногда в связи с трудностями электрохимического покрытия деталей может быть рекомендована их окраска серебристой («алюминиевой») краской.

Следует уделять внимание и декоративному оформлению отдельных деталей. Панель после тщательной шпаклевки и зачистки наждачной бумагой (лучше пользоваться водостойкой наждачной бумагой и вести обработку под слабой струей воды) можно окрасить из

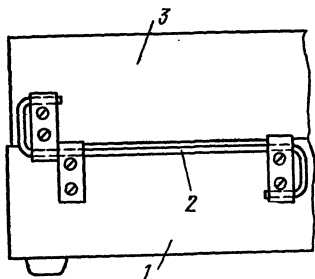


Рис. 72. Конструкция петли крышки с использованием торсиона.

1 — корпус; 2 — торсион; 3 — крышка.

пульверизатора в несколько слоев нитрокраской темно-серого цвета, в которую для улучшения внешнего вида покрытия можно добавить немного алюминиевой пудры; панель можно также оклеить синтетической пленкой, используемой для отделки корпуса. Детали круглой или кольцеобразной формы, изготовленные из алюминиевых сплавов, выигрывают в оформлении, если их подвергнуть анодированию в черный цвет, а затем проточить фаски.

При изготовлении каких-либо деталей из оргстекла, например деталей тонарма 11 и 12 (см. рис. 53 и 54, желательны их окраска черной нитроэмалью в несколько слоев и последующая полировка. Полировке следует подвергать и детали, изготовленные из эбонита, который хорошо поддается такой обработке. Предварительно эти детали шлифуют наждачной бумагой до выведения всех царапин.

## ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЛЮБИТЕЛЬСКОГО ПРОИГРЫВАТЕЛЯ

Этот проигрыватель разработан с учетом приведенных рекомендаций, а также высоких технических характеристик при относительной несложности конструкции, возможности применения любой (в том числе самой совершенной) магнитной головки, применения готовых, имеющихся в продаже узлов и деталей, а также наличия гидравлического микролифта, стробоскопического устройства регулирования частоты вращения диска, бесконтактного автостопа.

При современном внешнем виде по относительному уровню рокота (не хуже 70 дБ со взвешивающим фильтром) и коэффициенту детонации 0,1% проигрыватель не уступает лучшим отечественным и зарубежным образцам, в том числе и оснащенным системой прямого привода диска. В проигрывателе использован двигатель ЭДГ-6 с двухступенчатой пассивной передачей, выполненной по кинематической схеме на рис. 5, г. Конструкция и рабочие чертежи деталей узла подвески двигателя приведены на рис. 19 и 10.

Конструкция проигрывателя допускает возможность применения и других приводных механизмов, в том числе выполненных по схемам на рис. 5, б и в, при этом в случае применения электродвигателей, имеющих значительную высоту (АД-5, КД-3,5 и т. п.), следует соответственно увеличить высоту корпуса проигрывателя.

В проигрывателе установлен тонарм S-образной формы, чертежи которого приведены в [18]. Можно применить также тонарм, показанный на рис. 53, или любой другой с установочной базой  $215 \pm 2$  мм. Конструкция панели проигрывателя выполнена по схеме на рис. 67, а ее подвеска — по схеме на рис. 68, а. Общий вид проигрывателя показан на рис. 2, 73 и 74, а чертежи деталей — на рис. 74 и 75.

Проигрыватель состоит из следующих основных узлов: приводного узла с системой виброизолирующей подвески (двигателя с первой ступенью передачи), диска с узлом его вращения, тонарма с микролифтом, составной антирезонансной панели и корпуса с крышкой.

Двигатель (см. рис. 3, б) вместе с первой ступенью передачи крепится за рамку 7 (см. рис. 9) к брускам, привернутым изнутри к левой боковой и задней стенкам корпуса, а также к шпильке, закрепленной в дне корпуса.

От промежуточного шкива 18 (см. рис. 9) вращение к маховику 10 (см. рис. 74), на котором лежит диск, передается пассиком 9 (от магнитофонной приставки «Нота»). В качестве маховика использован ведущий узел от магнитофона «Дайна». Перестановка пассика 9 на соответствующий диаметр промежуточного шкива (при снятом диске) дает возможность получить частоту вращения диска  $33\frac{1}{3}$  или 45 об/мин. Вал маховика 10 вращается во втулке 20, закрепленной на плите 19, к которой клеем 88Н приклеены три войлочных

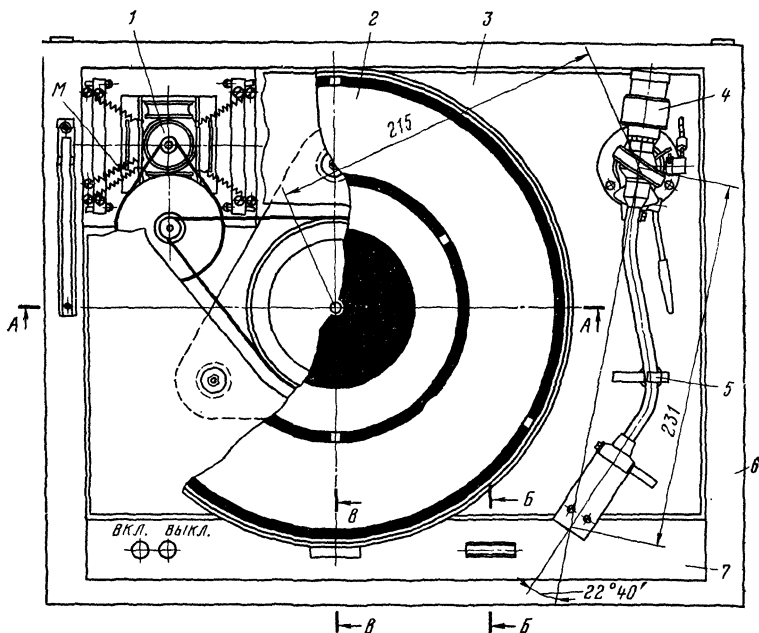


Рис. 73. Конструкция проигрывателя (вид сверху, крышка не показана, нумерация деталей соответствует нумерации на рис. 75).

1 — приводной узел (см. рис. 9 и 10); 4 — тона́рм; 5 — стойка тона́рма (см. рис. 57),

амортизатора 16 с пропущенными через них винтами 17, соединяющими плиту 19 с панелью.

Панель, являющаяся одновременно несущей и декоративной, опирается пилонами 14 на четыре конические пружины 12, прикрепленные к дну корпуса с помощью звездочек 13.

Такая конструкция подвески панели, во-первых, значительно ослабляет влияние акустической обратной связи и внешних механических воздействий, а во-вторых, позволяет при необходимости легко вынимать панель вместе с тона́рмом из корпуса, предварительно сняв диск и пассик 9. Для закрепления тона́рма в нерабочем положении используется стойка, изображенная на рис. 57.

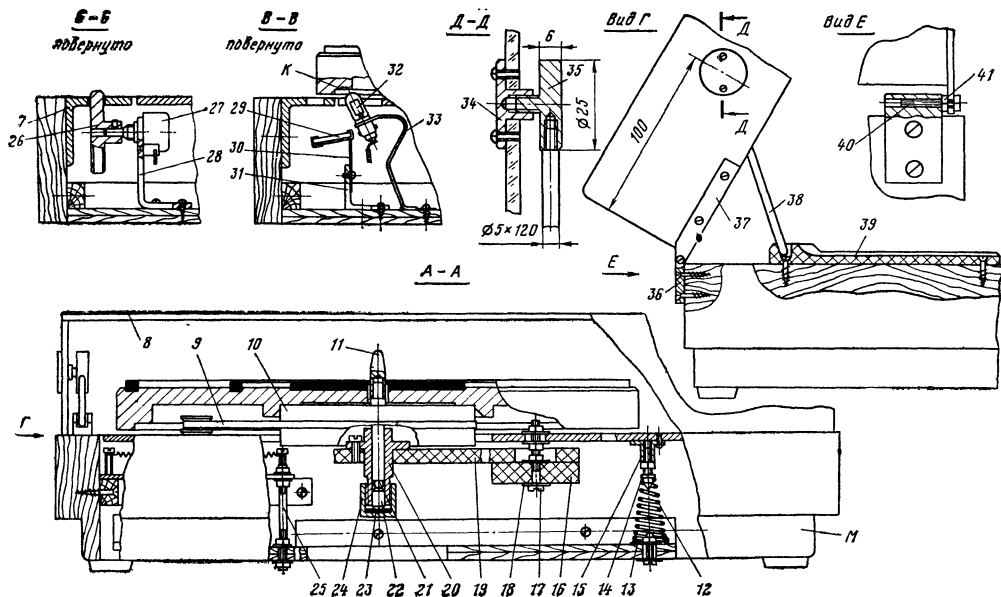


Рис. 74. Конструкция проигрывателя (нумерация деталей соответствует нумерации на рис. 75).

8 — крышка, оргстекло; 9 — пассив от магнитофонной приставки «Нота»; 10 — маховик от магнитофона «Дайна»; 11 — винт М4×45, 3 шт.; 12 — шайба 4×15×1, 16 шт.; 13 — шарик стальной диаметром 4—6 мм; 14 — ролик стальной 7×10 мм; 15 — прокладка 12×2, твердая резина, капрон; 16 — шпилька М4×60; 17 — резистор переменный ППЗ—20, 10 кОм; 18 — зеркало 40×25 мм; 19 — угольник 25×25×20 мм, сплав алюминиевый; 20 — лампа неоновая; 21 — кронштейн, проволока медная, диаметр 1,5 мм; 22 — винт М2×12, 2 шт.; 23 — гайка М2, 2 шт.

В проигрывателе предусмотрена возможность регулирования частоты вращения диска в пределах  $\pm 1,5\text{--}2\%$  по схеме, приведенной на рис. 62. Для визуального контроля частоты вращения диска (при  $33\frac{1}{3}$  об/мин) на его боковой поверхности профрезеровано 180 стробоскопических меток, освещаемых неоновой лампой 32. Стробоскопические метки могут быть нанесены и на поверхность *K* диска вместо его боковой поверхности (см. рис. 74).

Проигрыватель может быть оснащен бесконтактным автостопом, выполненным по одной из схем, приведенных на рис. 64. Для облегчения наладки и регулировки автостопа в панели 3 (рис. 75) предусмотрено большое отверстие *A*, закрываемое диском.

Проигрыватель смонтирован в деревянном корпусе с откидывающейся крышкой, изготовленной из листового оргстекла. Крышку крепят к корпусу с помощью петель 36 и планок 37 (см. рис. 74). В открытом положении крышку фиксируют поворотной стойкой 38, укрепленной на ее левой боковой стенке. Боковые стенки корпуса выполнены несколько толще, чем передняя и задняя, чтобы при работе проигрывателя с закрытой крышкой противовес тонарма не упирался в правую боковую стенку крышки, когда игла находится на последних канавках пластинки (см. рис. 51).

К передней стенке корпуса крепится панель управления 7 с выключателем питания. В панели выполнены два прямоугольных окна, одно из которых (под диском) служит для освещения неоновой лампы стробоскопических меток, нанесенных на боковую поверхность диска, а второе — для доступа к маховичку 26, поворотом которого устанавливается необходимая частота вращения диска. При нанесении меток на нижнюю поверхность диска через первое окно ведется наблюдение за ними с помощью зеркала 29, устанавливаемого в кронштейне 30, имеющем регулировку по высоте. Неоновая лампа 32 в этом случае устанавливается вблизи меток (см. рис. 74).

При изготовлении проигрывателя следует строго выдерживать размеры и допуски, указанные в чертежах деталей, что является залогом его хорошей работы. Маховик 10 (ведущий узел магнитофона «Дайна») подлежит незначительной доработке, заключающейся в доведении верхнего конца его вала до диаметра  $6\text{--}0,02$  мм на длине  $10\text{--}12$  мм, что дает возможность установить наконечник 11, центрирующий грампластинку на диске. Доработку маховика следует вести на шлифовальном станке (так как ось закалена), используя центровые отверстия на торцах вала.

Маховик 10 может быть изготовлен и самостоятельно (рис. 75, дет. 42), для чего целесообразно выточить отдельно сам маховик и вал с фланцем. Крепление маховика к фланцу вала производится тремя винтами *M3*. В этом случае деталь 11 не потребуется. Нижний конец вала должен обязательно иметь центровое отверстие для шарика, на который опирается вал.

Все крупные узлы и детали проигрывателя должны быть заземлены. Двигатель и панель заземляются через пружины 12, диск — через втулку 20, а трубку тонарма 5 (см. рис. 55) и экранную обмотку трансформатора заземляют отдельно.

Наладку проигрывателя следует начинать с узла двигателя, добиваясь горизонтального положения промежуточного шкива 18, для чего подтягивают или отпускают резиновые шнуры 8 (см. рис. 9), которые закрепляют затем планками 9. Желательно, чтобы до наладки верхние концы шнуров 8 были на  $20\text{--}30$  мм длиннее требуемого значения. После наладки проигрывателя эти концы обрезают.

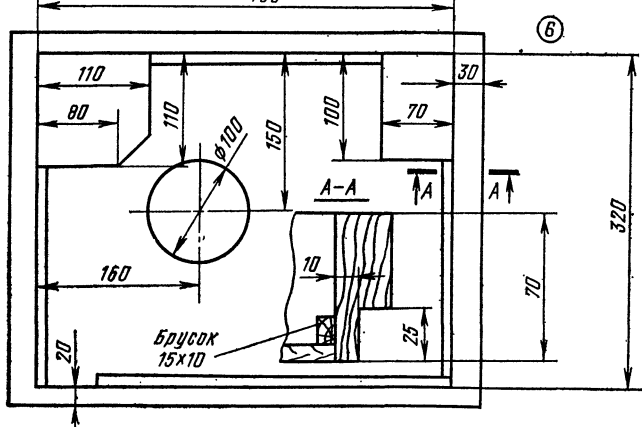
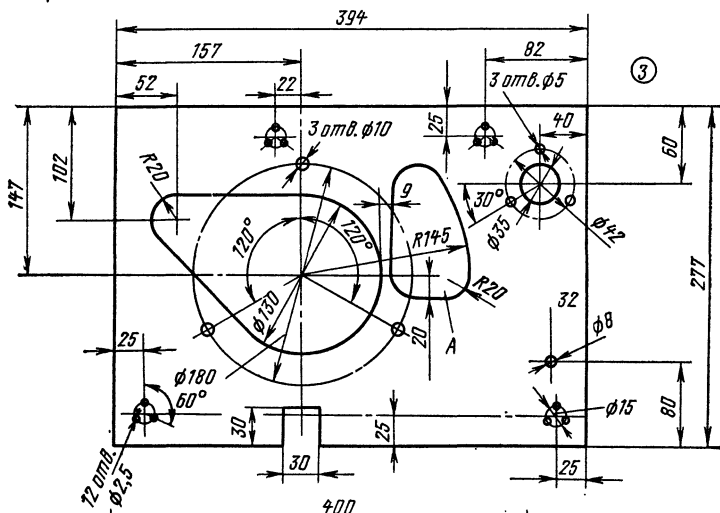
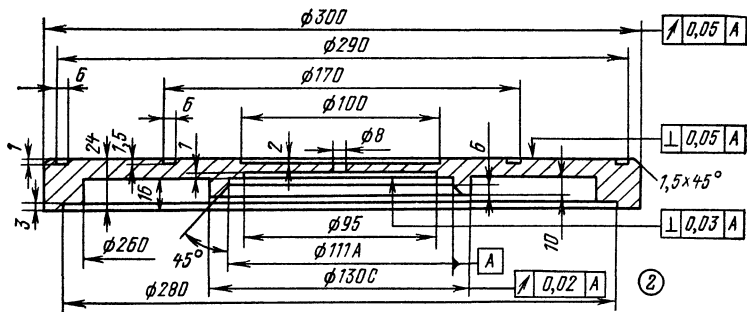


Рис. 75.

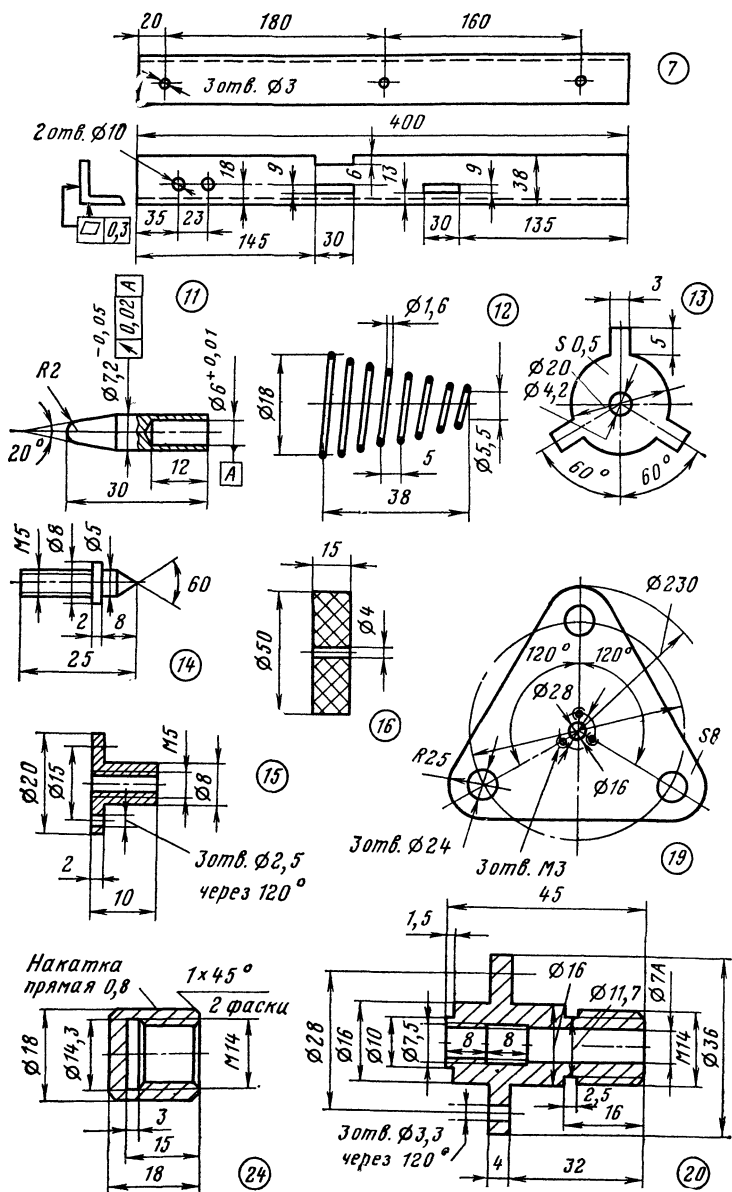


Рис. 75.

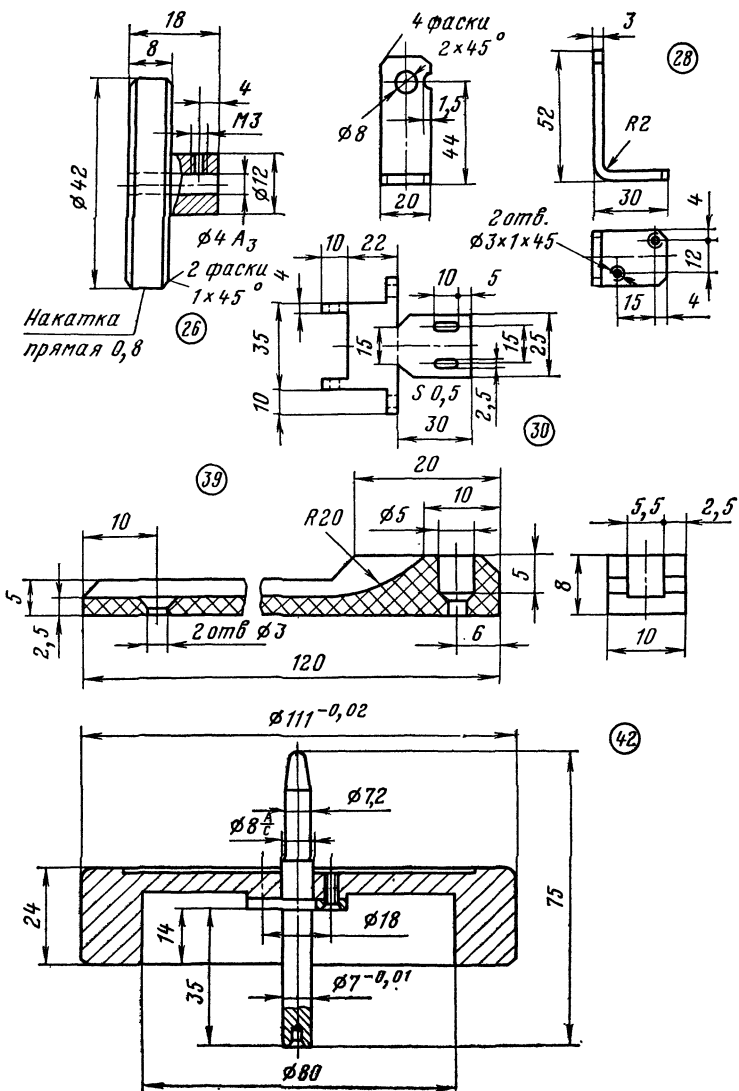




Рис. 75. Детали проигрывателя (нумерация деталей соответствует нумерации на рис. 73 и 74).

2 — диск, сплав Д16Т; 3 — панель, сплав алюминиевый; 6 — корпус; 7 — панель управления, сплав алюминиевый; 11 — наконечник, латунь, хромировать; 12 — пружина, проволока ОВС 1,6 мм, 4 шт.; 13 — звездочка, жель белая 4 шт.; 14 — пилон, сплав Д16Т, латунь, 4 шт.; 15 — втулка, сплав Д16Т, латунь, 4 шт.; 16 — амортизатор, войлок; 19 — плита, текстолит, гетинакс, оргстекло, фанера; 20 — втулка, бронза, латунь; 24 — гайка, сплав Д16Т, латунь, сталь цинковать; 26 — маховичок, сплав Д16Т; 27 — резистор переменный ППЗ-20, 10 кОм; 28 — кронштейн, сталь, цинковать; 30 — кронштейн, жель белая; 34 — втулка, сплав Д16Т, латунь, хромировать; 35 — держатель, сплав Д16Т; 36 — петля, сплав алюминиевый, латунь, хромировать, 2 шт.; 37 — планка, сплав алюминиевый, латунь, хромировать, 2 шт.; 38 — упор, сталь-серебрянка, латунь, хромировать; 39 — направляющая, эбонит; 42 — узел маховика для самостоятельного изготовления (взамен детали 10).

Необходимое натяжение пассика производят установкой и подбором натяжения дополнительной пружины М (см. рис. 73). При соединении плиты 19 с панелью винтами 17 (см. рис. 74) следует добиться, чтобы зазор между панелью и диском был равномерным, после чего размер зазора регулируют гайкой 24.

Панель (с диском и тонармом) должна опираться на пружины 12 таким образом, чтобы ее наружная поверхность была заподлицо с верхним краем корпуса, что достигается регулировкой положения пилонов 14 во втулках 15, после этого пилоны закрепляются гайками. Равномерный зазор 2—3 мм между панелью и стенками корпуса устанавливают перемещением пружин 12 по горизонтали с последующей их фиксацией винтами М4, для чего отверстия в дне корпуса под эти винты должны быть диаметром не менее 8 мм.

Наладку тонарма, в том числе его устройств для регулирования прижимной силы звукоснимателя, компенсации скатывающей силы, микролифта и т. п., следует проводить в соответствии с рекомендациями, изложенными выше.

Переменный резистор 27 должен быть подключен таким образом, чтобы в крайнем левом положении маховичка 26 стробоскопические метки, освещаемые неоновой лампой, перемещались по часовой стрелке (ускоренное вращение диска), а при крайнем правом положении маховичка метки должны перемещаться против часовой стрелки (замедленное вращение диска). Неподвижное положение меток соответствует частоте вращения диска точно  $33\frac{1}{3}$  об/мин. Если не удастся достичь неподвижного положения меток, следует несколько изменить рабочий диаметр насадки 14 (см. рис. 9) на валу двигателя. Регулировку стробоскопического устройства следует вести не менее чем через 10 мин после включения проигрывателя, чтобы дать возможность двигателю войти в нормальный тепловой режим.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

**Изготовление пассика из листа резины** производится на токарном станке. Толщина листа должна быть равна ширине пассика (размер  $h$ , рис. 6). К грибообразному приспособлению, состоящему из деревянного цилиндра 1 (рис. П1, а) и прикрепленного к нему деревянного диска 2, прибавляют гвоздями резиновый квадрат или круг 3 со стороной или диаметром на 10—15 мм большими, чем требуемый диаметр пассика. После этого цилиндр 1 закрепляют в патроне станка, а резину поджимают достаточно жестким металлическим или текстолитовым диском 4, диаметр которого должен быть на 5—10 мм меньше диаметра пассика.

Затем резцом 5 вырезают концентрические кольца (пассики). Резец после каждого прореза круга 3 перемещается на расстояние, равное толщине пассика (размер  $S$ , рис. 6). Готовые пассики во избежание их запутывания вокруг реза собирают (нанизывают) на деревянную палочку. Начинать прорезание резины следует с диаметра несколько большего, чем расчетный диаметр пассика, а заканчивать на диаметре несколько меньшем. Таким образом, получается серия пассиков, отличающихся друг от друга по диаметру на толщину пассика. При сборке и регулировке движущего механизма выбирают пассик, наиболее подходящий по размерам.

Для схемы передачи, показанной на рис. 5, б, а также для второй ступени передачи (рис. 5, г) ширина пассика  $h$ , а следовательно, и толщина резинового листа должны составлять 4—5 мм при толщине пассика  $S$  примерно 1 мм. Для схемы, показанной на рис. 5, в, толщина листа должна составлять 5—6 мм при толщине пассика  $S$ , равной 1,2—1,4 мм, а для первой ступени двухступенчатой передачи достаточно толщина резинового листа 2,5—3 мм при толщине пассика 0,4—0,6 мм. Таким же способом могут быть изготовлены некоторые резиновые детали, через которые пластинка опирается на диск ЭПУ (см. рис. 18).

Резиновый лист для изготовления пассиков следует выбирать по возможности с равномерной толщиной, он не должен содержать также внутренних дефектов, например посторонних включений, раковин и т. п. Резина для пассика должна быть достаточно твердой (30—40 единиц по Шору), так как пассики, изготовленные из слишком эластичной резины, не обеспечивают достаточной равномерности вращения ведомого шкива.

У готовых пассиков следует тщательно проконтролировать ширину и толщину, имея в виду, что с увеличением неравномерности размеров пассика соответственно увеличивается детонация ЭПУ. Выравнивание (калибровка) пассика по ширине может быть выполнено в приспособлении, состоящем из трех шлифованных пластин (рис. П1, б).

Перед калибровкой пассика определяют его наименьшую ширину  $A$ , после чего размер  $B$  приспособления по всей его длине уста-

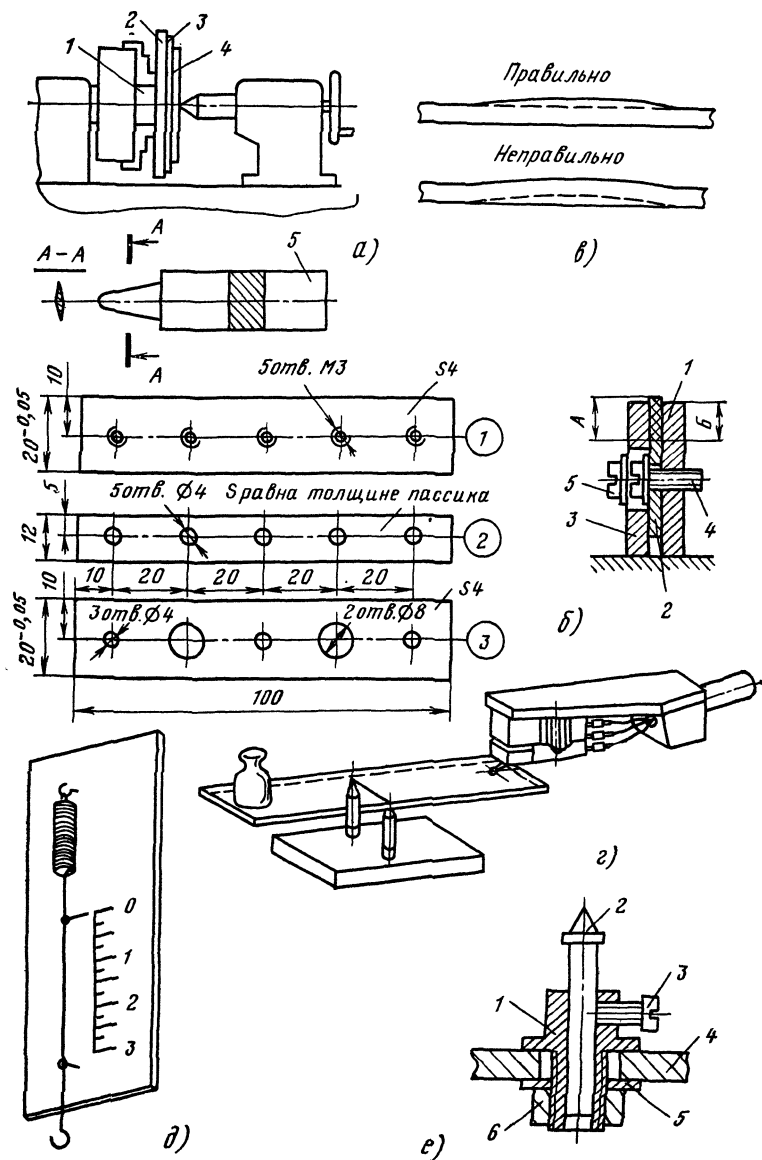


Рис. П1. Приспособления для изготовления и регулировки проигрывателя.

навливают с помощью винтов 4 на 0,1 мм меньше, чем наименьшая ширина пассива. Затем пассив вставляют в приспособление и прижимают планкой 3 с помощью винтов 5. При затяжке винтов 5 нижние поверхности планок 1 и 3 следует опереть о ровную поверхность, например о стекло. Участки пассива, выступающие над верхними краями планок, срезают острым ножом и шлифуют мелкой наждачной бумагой. Затем винты 5 ослабляют и в приспособление продвигают следующий участок пассива и т. д., пока весь пассив не будет откалиброван.

Длину планок следует выбирать в зависимости от диаметра пассива, однако шаг между отверстиями не следует делать больше 25—30 мм.

При калибровке не следует обрабатывать наиболее ровный торец пассива (рис. П1, в). Для определения этого торца пассив следует выдержать некоторое время в свободном состоянии, положив его в виде кольца на ровную поверхность.

**Приспособления для измерения прижимной силы звукоснимателя.** Достаточно простое приспособление показано на рис. П1, г. Нагрузка создается либо с помощью гирек-разновесок, либо с помощью монет (известно, что одна копейка весит 1 г; 2 копейки — 2 г и т. д.). Более удобное приспособление показано на рис. П1, д. Оно состоит из пружины, прикрепленной к планке из жести, фанеры, оргстекла и т. д.. Приспособление предварительно тарируют с помощью тех же гирек или монет и наносят на планку соответствующую шкалу. С помощью такого приспособления нетрудно добиться измерения прижимной силы с точностью 1 мН. Ориентировочные размеры пружины: диаметр проволоки 0,2 мм; диаметр пружины 5 мм; длина навитой виток к витку ненагруженной пружины 15 мм.

**Приспособление для контроля рабочей длины тонарма** показано на рис. П1, е. Оно состоит из втулки 1, в которой достаточно точно (по ходовой посадке 3-го класса точности) может перемещаться стержень 2. На верхнем конце стержня выполняют острие либо небольшое коническое углубление. Втулку 1 крепят на лицевой панели ЭПУ в любом месте, расположенном на дуге радиусом 215 мм, проведенной из центра вращения тонарма. Если диск ЭПУ легко снимается, втулка со стержнем может располагаться на панели под диском, не мешая его вращению. Расстояние между вертикальной осью вращения тонарма и втулкой должно быть установлено с точностью не ниже  $\pm 0,3$  мм (для этого предусмотрена возможность некоторого перемещения втулки во всех направлениях относительно панели 4), после чего втулка фиксируется гайкой 6. Для проверки рабочей длины тонарма стержень 2 выдвигают из втулки на высоту, соответствующую верхней стороне пластинки, лежащей на диске, и фиксируют винтом 3. При правильно установленной рабочей длине тонарма конец иглы должен совмещаться с острием или углублением стержня 2. После окончания проверки отпускают винт 3 и утапливают стержень 2.

**Изготовление резиновых деталей с помощью пресс-форм.** Резиновые детали, например пассивы и накладки на диск, могут быть изготовлены в пресс-форме методом горячей вулканизации. При наличии пресс-формы можно при некоторых навыках даже в домашних условиях получить пассив, не уступающий по качеству пассиву промышленного изготовления.

Пример конструкции пресс-формы, состоящей из двух частей 1 и 2 и предназначенной для изготовления пассива, приведен на

рис. П2. Пресс-форма может быть изготовлена из дюралюминия, при этом не требуется хромирования, обязательного при изготовлении пресс-формы из стали или латуни. Пассик изготавливают следующим образом. Обе части пресс-формы предварительно нагревают до температуры 140—150° С, например, в духовом шкафу. Затем на рабочую поверхность нижней части пресс-формы (диаметром 285 мм) накладывают ленту, ширина которой на 1—2 мм больше, чем ши-

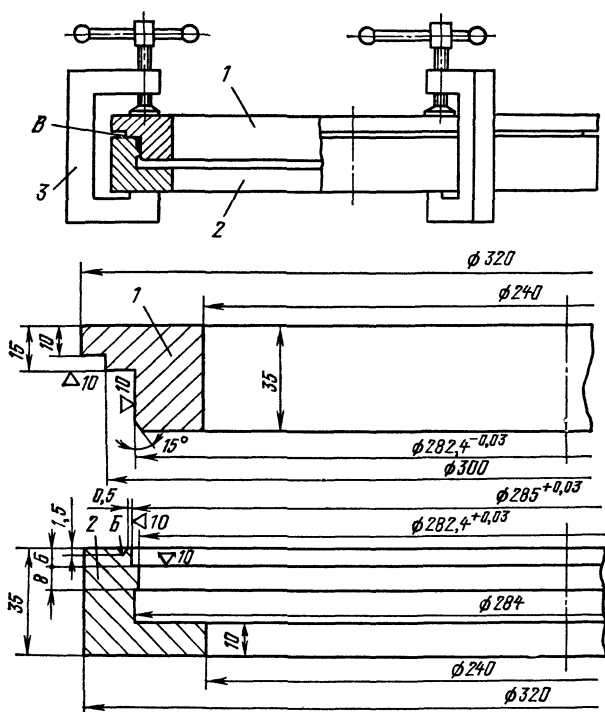


Рис. П2. Конструкция пресс-формы для изготовления пассива.

рина пассива, вырезанного из листа сырой резиновой смеси толщиной 1—1,5 мм (например, применяемой для ремонта автомобильных камер). После этого верхнюю часть пресс-формы вставляют в нижнюю и обе части стягивают в трех местах струбцинами 3. Затем пресс-форму помещают в духовой шкаф и выдерживают в течение необходимого для вулканизации времени. Температуру и время для вулканизации следует определять опытным путем, так как и то и другое зависит от сорта применяемой резиновой смеси. Ориентировочно температура вулканизации 150°С, а время вулканизации 20—30 мин. Следует помнить, что превышение температуры или времени ведет к перевулканизации и потере эластичности резины и пассива

становится ломким. При недостаточной температуре или недостаточном времени процесса происходит недовулканизация и механическая прочность пассика ухудшается. После окончания вулканизации пресс-форму разнимают и из нее вынимают готовый пассик. Пока пресс-форма не остыла, в нее может быть заложена новая порция резиновой смеси и повторен процесс. Готовые пассики могут иметь облой (заусенцы), который следует аккуратно срезать и места среза зачистить мелкой шкуркой с водой.

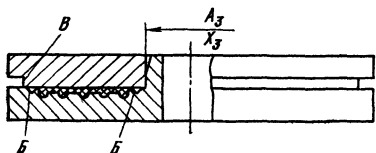


Рис. ПЗ. Пример конструкции пресс-формы для изготовления накладки на диск.

На рис. П2 показана пресс-форма для изготовления пассика для приводного механизма ЭПУ, схема которого приведена на рис. 6, в, при этом предполагается, что диаметр ведомого шкива составляет 280 мм.

Аналогичная конструкция пресс-формы может быть использована и для изготовления пассиков других размеров. В этом случае, если диаметр пассика не будет превышать 100—150 мм, желательно ужесточить допуск на размеры, образующие пассик, до 0,01 мм.

На рис. ПЗ показан пример конструкции пресс-формы, предназначенной для изготовления резиновой накладки на диск. В обеих конструкциях выборки *Б* служат для улавливания излишков резиновой смеси, а кольцевая проточка *В* — для облегчения резъема пресс-формы путем применения какого-либо рычага (достаточно большой отвертки и т. д.).

Необходимо обратить внимание на то, что при работе с пресс-формой следует соблюдать осторожность. Чтобы избежать ожогов, необходимо пользоваться рукавицами, горячую пресс-форму следует устанавливать на теплоизолирующую прокладку.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аполлонова Л. П., Шумова Н. Д. Грамзапись и ее воспроизведение. — М.: Энергия, 1973. — 72 с.
2. Бродкин В. М. Электропроигрывающие устройства. — М.: Энергия, 1972. — 104 с.
3. Бродкин В. М. Конструирование бытового радиокomплекса. — М.: Энергия, 1975. — 150 с.
4. Варшавская И., Казачков Б., Лазарева С. Электродвигатели переменного тока для магнитофонов и электропроигрывающих устройств. — Радио, 1975, № 7, с. 51—53.
5. Дерябин В. И., Пониманский В. Г. Транзисторная радиола «Виктория-001-стерео». — М.: Связь, 1976. — 120 с.
6. Левин И. Я. Справочник конструктора точных приборов. — М.: Машиностроение, 1967. — 650 с.
7. Леонтьев А. Теплоэлектрический микролифт. — Радио, 1976, № 7, с. 35—36.
8. Полозов Ю. С. Механизмы электропроигрывающих устройств. — Л.: Энергия, 1974. — 161 с.
9. Пташенчук Ю. Высококачественный проигрыватель. В помощь радиолюбителю. Вып. 41. — М.: ДОСААФ, 1973, с. 3—12.
10. Пыжиков М. Генератор для питания электродвигателя ЭПУ. — Радио, 1975, № 2, с. 37—38.
11. Ратимов Б. Электропривод высококачественного ЭПУ. — Радио, 1977, № 2, с. 37—38.
12. Руденко В. Автомат управления звуконосителем. — Радио, 1976, № 12, с. 47—48.
13. Стасенко Л. Автостоп на тиристоре. — Радио, 1975, № 7, с. 37—38.
14. Фролов В. В. Микролифт — автостоп. — Радио, 1975, № 7, с. 35—37.
15. Фрумкин Г. Д. Расчет и конструирование радиоэлектронной аппаратуры. — М.: Высшая школа, 1977. — 270 с.
16. Хаазе Г. И. Современные электропроигрыватели. — М.: Энергия, 1975. — 85 с.
17. Черкунов В. К. Любительский высококачественный проигрыватель. — М.: Энергия, 1974. — 65 с.
18. Черкунов В. К. Тонарм. — Радио, 1976, № 9, с. 36—39.
19. Чекуров В. Электромагнитный микролифт. — Радио, 1975, № 2, с. 36—38.
20. Щербак Ю. Стабилизация частоты вращения диска ЭПУ. — Радио, 1976, № 2, с. 40—41.

60 к.

